

# **AJANKUVAUKSEN VIRTUAALINEN KONEISTO**

Geometrinen malli informaation tallennukseen ja tulkintaan

Juri Tuomisto

Tampereen yliopisto  
Informaatiotieteiden yksikkö  
Informaatiotutkimus ja interaktiivinen  
media  
Pro gradu -tutkielma  
Toukokuu 2015

Tässä teoreettisessa tutkimuksessa tarkastellaan aikaa ja sen visualisointia. Kehitän tutkimusprosessissani ajanlaskumallin - ”Ajankuvauksen virtuaalisen koneiston”. Luontoa on mallinnettu erilaisilla menetelmillä kautta aikojen. Kaksiulotteiset kartat toimivat tyypillisenä esimerkkinä luonnon mallinnuksesta. Tässä tutkimuksessa tarkastelen myös kolmannen (syvyys) ja neljännen ulottuvuuden (aika/valon matka) mahdollisuuksia informaation tallennuksessa ja tulkinnassa.

Kehitän työssäni virtuaalisen informaation tallennusmallin luonnonilmiöiden simuloimiselle niitä ympäröivässä tilassa ja ajassa. Neliulotteinen geometrinen virtuaalimalli mahdollistaa tallennetussa informaatiossa navigoinnin – avaruudellisesti ja ajallisesti. Virtuaalimallin keskeiset elementit ovat: 1) tarkkailija, 2) tarkkailun ensisijainen kohde, 3) sekundaariset tarkkailun kohteet ja näitä ympäröivä 4) tila- ja aika-avaruus. Mallin teoreettisina käsitteinä toimivat yleisesti hyväksytyt fysiikan suureet ja aikajanakuvaus. Parhaiten mallin esittely onnistuisi ”3D-teknologiaa” soveltaen, mutta tässä työssä mallia on havainnollistettu käytettävän median mukaisesti kaksiulotteisesti. Syvyys- ja aikaulottuvuudet on huomioitu diagrammeissa.

Luonnon tapahtumia on mahdollista tallentaa virtuaalimallin avaruuteen ja ajallisiin kerroksiin. Mallia voisi hyödyntää kehysrakenteena luonnon tapahtumien oliopohjaisessa simuloinnissa. Tarkkailija voi navigoida mallissa vapaasti (tallennetun informaation rajoissa) ja löytää ilmiöistä erilaisia näkökulmia avaruuden ja ajan eri sijainneista. Testaan työssäni mallin toimivuutta aikaa ja paikkaa kuvaavilla GPS-paikannus- ja Google Earth -sovelluksilla. Mallin rakenteen kautta voi ymmärtää vanhoja ja uusia tapojamme kuvata tapahtumia ajassa. Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto-mallia voisi hyödyntää myös poikkitieteellisesti tapahtumien kuvauksessa elämän eri aihealueilla. Historiantutkimuksessa se voisi tarjota yhdenlaisen kehysrakenteen tapahtumien tallentamiseen ja tulkintaan. Mallissa tapahtumat tallennetaan ja tulkitaan lähtökohtaisesti keskitettyinä, mutta suhteellisina - eri perspektiiveistä ja aikakausilta nähtyinä ja koettuina.

Avainsanat: aika, aikakäsitykset, informaatio, suhteellisuus, avaruusgeometria, virtualisointi.

# Sisällysluettelo

<b>0</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>1</b>
0.1	Aikaa on osattu visualisoida jo pitkään .....	3
0.2	Visuaalis-geometrinen virtuaalimalli eksploratiivisen kartoituksen tuloksena .....	4
0.3	Tutkimuksen osat pääpiirteittäin .....	4
<b>1</b>	<b>Teoreettinen viitekehys .....</b>	<b>5</b>
1.1	Alkuräjähdyks ja ajannuoli .....	5
1.2	Aika-asteikko .....	6
1.3	Valo – luonnonilmiöiden aikaskaala .....	6
1.4	Informaation visualisointi .....	8
1.4.1	Visualisointi tiedon tulkinnan välineenä .....	8
1.4.2	Ajallisen tiedon visualisointi .....	9
1.5	Luonnon simulointi .....	14
1.5.1	Peruskoordinaatisto .....	15
1.5.2	Luonnon kappaleiden 1:1 mallinnus .....	16
1.5.3	Intervalli – ajallinen liike .....	17
1.5.4	Aikajatkumo .....	19
1.6	Tarkkaileva subjekti, tarkkailtava objekti .....	20
1.7	Yhteenvedo teoreettisesta viitekehuksesta .....	21
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma .....</b>	<b>23</b>
2.1	Tutkimuksen tavoitteet .....	23
2.2	Tutkimuskysymykset .....	23
2.3	Tutkimuskohteen rajaus .....	24
<b>3</b>	<b>Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto – mallin suunnittelu .....</b>	<b>25</b>
3.1	Koneiston peruselementit .....	26
3.1.1	Subjektin tarkkailupisteen perspektiivi ja ajallinen sijainti .....	28
3.1.2	Tarkkailtava objekti ja sen geometrinen keskipiste .....	29
3.1.3	Keskitys - aurinko kiertää taas maata .....	30
3.1.4	Kiintokoordinaatiston aikakerrokset .....	32
3.2	Mallin toiminnallisuus esimerkin kautta .....	34
3.2.1	Esimerkki A. Malli kaavakuvana ”lintuperspektiivistä” .....	34
3.2.2	Esimerkki B. Näkymä subjektin tarkkailupisteestä .....	36
3.2.3	Ajallisen linssin valinta – tiedon vertailu .....	37

<b>4</b>	<b>Virtuaalimallin testaaminen.....</b>	<b>40</b>
4.1	Testattavat sovellukset .....	40
4.1.1	GPS-paikannus ja kartat .....	40
4.1.2	Google Earth ja historialliset kartat .....	44
4.1.3	Google Earth Engine - intervallikuvaesitys.....	48
4.2	Virtualisointimallin sovellettavuus.....	53
<b>5</b>	<b>Johtopäätökset.....</b>	<b>54</b>
5.1	Koneen rautalankamallin tarkastelu .....	54
5.2	Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto ja sosiaaliset ilmiöt .....	56
<b>6</b>	<b>Lähteet.....</b>	<b>59</b>
	<b>Liite. ....</b>	<b>62</b>

## 0 Johdanto

Aika on ilmiö, jota ei pysty aistein suoraan havaitsemaan. Sen olemus on pääteltävä muiden ilmiöiden liikkeiden avulla. Ajan tiedostamisen oppiminen voidaan nähdä tapahtuneen asteittain. Useimmat eläimet näyttävät yleisesti tulkiten elävän jatkuvassa nykyhetkessä (eng. continual present). Ihmisen lajityyppillinen kyky ja selviytymisen edellytys on seurata luonnon rytmiä ja mukautua siihen. Ihmiselämän rajallisuuden tiedostaminen on mahdollistanut pidempien syklien - ”elämän kaaren” ymmärtämisen. Rajallisuuden ymmärrys on osaltaan auttanut kehittämään ihmisen tietoisuutta omaksumaan käsitteet: menneisyys, nykyhetki ja tulevaisuus. (Whitrow et al. 2003, 3.)

Aikayksiköt kuten vuorokausi, kuukausi ja vuodenaajat pohjaavat luonnon syklisyyteen - taivaankappaleiden liikkeeseen suhteessa Maapalloon. Aikayksiköissä on mukana myös kulttuurisia merkityksiä ja esimerkiksi ”Anno Domini”-ajanlaskujärjestelmässä ajankulumista suhteutetaan kristinuskon määrittämään ajankohtaan Kristuksen syntymästä. (Aigner et al. 2011, 1-2.)

Aikakäsityksessä on myös kyse avaruuden ja maailman rakenteesta, sekä ihmisen asemasta siinä. Ajan luonteesta ja sen olemuksesta on useita erilaisia käsityksiä historiassa ja nykyajassa. Erilaisilla uskonnoilla ja mytologioilla on omat luomiskertomuksensa ajan ja maailman syntymisestä, sen äärettömyydestä tai rajallisuudesta. Aikakäsityksen mallit voidaan jakaa karkeasti ottaen kahteen erilaiseen näkökantaan: Absoluuttiseen ja suhteelliseen aikakäsitykseen. Absoluuttisen aikakäsityksen voi karkeasti ymmärtää muuttumattomana kaikkialle ulottuvana koneistomaisena rakenteena. Suhteellinen aikakäsitys taas selittää ajan kulumisen vertautuvuuden suhteellisenä sijainnista riippuvana ja/tai yksilöllisenä kokemuksena.

Läntisen tieteellisen aikakäsityksen alkutahtina voidaan nähdä antiikin Kreikassa tehdyt esseet ajan luonteen pohdinnasta. Ne laati filosofit Parmenides ja Herakleitos (noin 500 eaa.). He tulivat käsitykseen, että kaikkeudella on ääretön menneisyys ilman alkua, luonto on ollut aina olemassa. Vallitsevat teoriat ajasta ja sen rakenteesta ovat vaihdelleet. Ajan kulumisen voidaan tulkita vertautuvan käsitykseemme maailmankaikkeuden luonteesta ja sen keskipisteestä. Nykytietämyksen mukaan ensimmäinen Heliosentrinen malli tiedetään olevan peräisin noin 300 eaa. Sittemmin maakeskeinen malli kuitenkin vakiinnutti pitkään asemansa selittävänä teoriana, koska sen avulla pystyttiin riittävällä tarkkuudella selittämään ympäröiviä tapahtumia. 1500-luvulla Nikolaus Kopernikus palautti jälleen aurinkokeskeisen maailmankuvan

tietoisuuteen ja se vakiinnutti monien vaiheiden jälkeen asemansa yleisenä mallina. Tätä käsitystä vahvisti myöhemmin Isaac Newton. Newtonin käsitys maailmankaikkeudesta edusti absoluuttista mekanismia, jonka keskipiste oli Aurinko. (Wikipedia 2014g.) Newton näki maailman ikään kuin absoluuttisena kaikkialle ulottuvana ”kellokoneistomallina”, jossa aika on oma itsenäinen matemaattinen määreensä, mutta jonka toiselle puolelle jää kuitenkin mahdollisuus ihmisen suhteelliseen ajan havainnointiin<sup>1</sup>. Newtonin mukaan subjektiivinen ja siten tulkinnallinen aikakäsitys oli kuitenkin pidettävä erossa absoluuttisesta matemaattisesta ajasta, jotta ajan mittaaminen olisi helpompaa. Newton siis myönsi ajan kokemisen myös suhteelliseksi ja kuitenkin merkittäväksi. Newtonin kaksijakoinen aikakäsitys herätti tieteellistä keskustelua aikakäsityksestä ja sen subjektiivisesta tiedostamisesta. (Wikipedia 2014h.)

Einstein (1905) toteaa ajan olevan poikkeuksellinen ulottuvuus, jonka kautta kaikki muut ilmiöt tuntuvat mahdollistuvan. Aika on suhteellista, ja sen kokeminen on yksilöllistä. Einstein antaa arkisen esimerkin ajan suhteellisuuden tunteesta - jos odottelemme saapuvaa junaa, niin tuolloin saattaa tuntua siltä, että aika matelisi eteenpäin. Kun taas tunnemme olomme mukavaksi, niin saattaa tuntua, että aika kuluu melkein liian nopeasti. Ajan kulumisen subjektiivisella pohdinnalla on ollut vaikutuksensa Einsteinin suhteellisen aikakäsityksen rakentamisessa, jonka mukaan aika ja tila ovat erottamattomat toisistaan.

Ajan tutkiminen on suosittua ja poikkitieteellistä. Sen luonteen etsiminen on synnyttänyt monia erilaisia teorioita jo pitkään eri tieteitten aloilla, mm. filosofiassa, matematiikassa, fysiikassa, astronomiassa ja biologiassa. (Aigner et al. 2011, 45.)

Hajnicz (1996) mukaan tietojenkäsittelytieteen alueilla kuten muun muassa keinoälytutkimuksella, tiedon louhinnalla, tietokannoilla, mallinnuksella ja simuloinnilla on pyritty teoretisoimaan ajan perusolemusta. Voidaan jopa väittää, että kaikki informaatio, mitä koitamme jollain mielekkäältä tavalla mitata tai tulkita on sidoksissa aina aikaan. (Aigner et al. 2011, 1, 46.)

Nykyinen aikakäsitys on oman tulkintani mukaan muuttunut yhä kiireisemmäksi. Ajankäyttöä ja sen hallintaa on koitettu tehostaa pilkkomalla tarkasteltavia ajanjaksoja yhä pienempiin ja siten kontrolloidumpiin osiin. Esimerkiksi globaalia maailmantaloutta ohjaa ”kvartaalijajattelu”, jossa yritysten tulosta arvioidaan neljännesvuosittain. Lienee selvää, että päätösten

---

<sup>1</sup> Läntisen kristillisen kirkon kirkkoisä Augustinus (354-430) on laatinut varhaisimpia säilyneitä kirjoituksia ajan kulumisen subjektiivisesta luonteesta (Wikipedia 2015a).

tekeminen lyhyen aikavälin tulosten näyttämällä ei aina tue kestäväää kehitystä. Ylitehostuneen lyhytjänteisen ajanhallinnan voidaan nähdä syntyneen teollisen ja jälkiteollisen ajassa, jossa eri tahojen välinen kilpailu tehostuu ja kaikki materialistisen tehokkuuden tavoittelun kannalta tarpeettomaksi koettu on pyritty riisumaan pois. Tässä tilanteessa eri tahojen (”pyramidirakenteiden”) välinen kilpailutilanne on kasvattanut kiireen tunnetta ja johtanut luonnonvarojen kustannuksella yhä tehokkaampaan resurssien hallintaan – myös ihmisten ajanhallintaan. Tehokkaasta ajanhallinnasta on tullut organisaatioille kilpailuvaltti, ja kiireestä ihmisille luonnollinen ja hyväksytty tapa elää. Voidaan kuitenkin ajatella, että keskinäisen kilpailutilanteen määrittämästä kasvun paineesta on ollut etua esimerkiksi teknologisen kehityksen edistymisessä, mutta oppi tästä globaalille tasolle ulottuvasta stressin tunteesta on jo ehkäpä saavutettu ja olisi lienee kaikkien etujen mukaista palata takaisin kohti luonnon syklien määrittämää rytmiä elää.

## **0.1 Aikaa on osattu visualisoida jo pitkään**

Ajan etenemistä on kuvattu visuaalisesti jo kauan ennen tietoteknistä aikaa. Varhaisimmat tähän päivään säilyneet ajan visualisoinnit löytyvät tuhansien vuosien takaa. Ne ovat olleet yleensä jonkinlaisten tapahtumaketjujen kuvauksia – esimerkiksi lovia kepeissä, joilla on viitattu ja muistettu menneitä asioita. Tarinoita ja tapahtumia on siirretty tuleville sukupolville myös luolamaalauksien ja hieroglyfien avulla. Aika voidaan nähdä kuvallisessa ilmaisussa keskeisenä polkuna siirryttäessä tapahtumasta toiseen. (Aigner et al. 2011, 35.) Nykyään kello on varsin yleinen väline mitata ja kellotaulu tapa visualisoida aikaa.

Pidemmän ajan kuvauksissa ja ennusteissa käytetään tyypillisesti aikajanoja (eng. timeline). Niitä on löydetty vanhojen kulttuurien jäljiltä (esimerkiksi Hopi-intiaanit 1100-luvulla). Tieteissä aikajanoja hyödynsi vielä vuosikymmen sitten lähinnä historioitsijat, geologit ja kosmologit. Nykyään erilaisten aikajanojen hallintaa voidaan suorittaa tietokoneiden avulla. Niiden käyttö on erilaisissa projektinhallinta ja kalenterisovelluksissa arkipäiväistä – työssä ja vapaa-ajalla. Mobiililaitteiden ajanseuraamisovellukset voidaan liittää myös GPS-sateliittipaikannus-järjestelmään (eng. Global Position System). Näin laitteiden liikkeitä ja aikaa voidaan tietokoneavusteisesti visualisoida aikajanaksi jo kohtuullisen vaivattomasti.

## **0.2 Visuaalis-geometrisen virtuaalimalli eksploratiivisen kartoituksen tuloksena**

Olen lähestynyt tutkimusaluetta eksploratiivisesti kartoittamalla ajan visuaalista kuvaamista poikkitieteellisesti. Teoreettisessa viitekehyksessä selvitettyt käsitteet ovat suurimmalta osin luonteeltaan yleistajuisia. Niissä on etsitty yhtymäkohtia erilaisista aikakäsitteistä ja tavoista kuvata aikaa visuaalisesti. Lisäksi selvitan perustasolla mitä tarvitaan luonnon ilmiöiden simuloituun virtuaaliseen mallinnukseen. Varsinaisessa tutkimusosuudessa yhdistetään nämä kaksi aluetta: ajan visuaalinen kuvaaminen ja luonnon mallinnus yhdeksi teoriaksi. Tutkimusprosessissani on rakentunut teoreettinen ajankuvauksen virtuaalimalli, joka rakenteen omaisesti suhteuttaa ilmiötä ajallisessa suhteessa toisiinsa.

Ajan visualisointi voi helpottaa ajan hahmottamista ja siinä olevien ilmiöiden suhteutusta. Mielenkiintoni aiheita kohtaan on syntynyt halusta ymmärtää aikaa ilmiönä, sekä nyky-yhteiskunnan kiirettä - sen hyödyllisyyttä tai mielettömyyttä. Yleisluontoisesti tutkimuksessa pyritään vastaamaan kysymykseen: onko ajassa tapahtuvien ilmiöiden kuvaamiseen mahdollista rakentaa systemaattista menetelmää?

## **0.3 Tutkimuksen osat pääpiirteittäin**

Teoreettinen viitekehys kertoo käsitteistä, joista teoreettinen malli on konstruktiiivisesti rakennettu. Tutkimusasetelma luo tutkimukselle kontekstin ja rajaa tutkimuksessa tarkasteltavia ilmiöitä. Tutkimuskysymykset-alaluvussa erittelen hahmoteltuun teoreettiseen malliin kohdistettuja tarkempia kysymyksiä, joihin tutkimus pyrkii vastaamaan. Tutkimuksen tavoitteet-alaluku selittää pyrkimystä kehittää yleisluontoista teoreettista rakennetta. Mallin testaaminen kappaleessa kaavailtua mallia sovitetaan olemassa oleviin karttapohjaisiin sovelluksiin ja arvioidaan niiden kautta mallin soveltuvuutta käytäntöön. Johtopäätöksissä kuvataan mallia ja sen tuomia ominaisuuksia, sekä lopuksi visioidaan lyhyesti sen soveltuvuutta sosiaalis-kulttuuristen ilmiöiden tutkimuksessa.



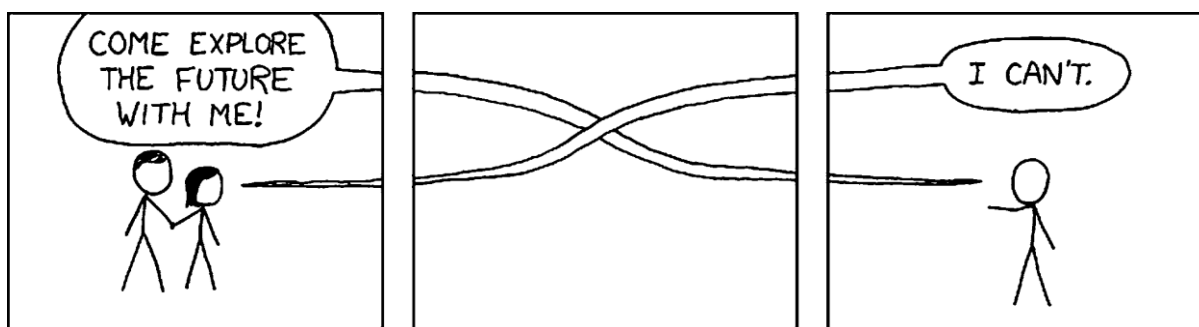
# 1 Teoreettinen viitekehys

## 1.1 Alkuräjähdyks ja ajannuoli

Nykyisen tähtitieteen ja sen instrumenttien edistymisen myötä olemme saaneet havaita, ettei maapallo, sen enempää kuin aurinko tai edes Linnunradan keskusta ole maailmankaikkeuden keskus. Yleisimmin tunnustettu tieteellinen teoria maailmankaikkeuden synnystä on niin kutsuttu "Alkuräjähdysteoria" (eng. Big Bang Theory). Se vakiinnutti asemansa 1900-luvun jälkimmäisellä puoliskolla. (Nave 2014). Teorian mukaan fysiikan kaikkien (tunnettujen) ilmiöiden ja sen myötä myös ajan etenemisen voidaan katsoa alkaneen alkuräjähdyksen hetkenä.

Kehitys on saanut alkunsa alkuräjähdyksestä. Se siis määrittää luonnon kappaleiden ja tavallaan myös tunnetun ajan kulkusuunnan, räjähdyskeskustasta ulospäin. (Hawking 1988.)

Ajan etenemistä kuvaa Arthur Eddingtonin 1927 esittelemä termi "ajannuoli" (eng. Arrow of Time). Sen avulla voi ajan kulumisen ymmärtää tapahtuvan asymmetrisesti yhteen suuntaan. Ajan voidaan ajatella lähteneen liikkeelle "räjähdyspisteestä" ja jatkavan edelleen yhteen suuntaan – kohti tulevaisuutta. Tämä tuntuukin luonnolliselta arkisessa kokemusmaailmassamme. Nytemmin tieteessä on kuitenkin hyväksytty ajan pystyvän etenemään mihin suuntaan tahansa.



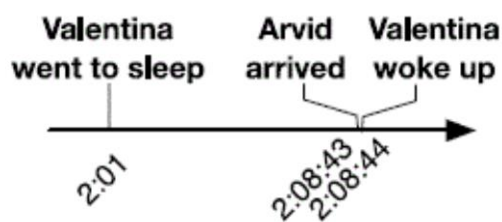
Kuva 1. Ajannuolella leikkivä sarjakuva (Munroe 2012).

Sarjakuvia luetaan länsimaissa yleensä vasemmalta oikealle ja ajannuoli osoittaa näin ollen yhteen suuntaan. Kuvan 1 sarjakuvassa ajannuoli osoittaa sekä vasemmalle, että oikealle.

## 1.2 Aika-asteikko

Käytettävissä oleva aikaskaala voi vaihdella. Minimissään tämä tarkoittaa, että pystytään määrittämään kahden tapahtuman välillä, että kumpi tapahtumista on ilmennyt ennen toista.

Asteikon tiheyden (eng. granularity) tulee olla sellainen, että sen puitteissa voi tilanteen vaatimalla tavalla ilmaista kaikkien mitattavien asioiden ajalliset ilmenemissuhteen toisiinsa.



Kuva 2. Jatkuva skaala (continous scale) (Aigner et al. 2011, 48).

Kuvassa 2 on piirretty jatkuva aikaskaala. Siinä tapahtumien välillä voidaan huomioida pienimmätkin erot. Kuvan aikakuvauksesta voidaan havaita, että Valentina heräsi vain hieman sen jälkeen kuin Arvid oli saapunut. Kuvassa nähty tapa ilmaista ajan kulumista muistuttaa visuaalisesti ajannuolesta, ja tätä tapaa ilmaista aikaa voidaan kutsua myös nimellä aikajana. (Aigner et al. 2011, 48.)

Ajan mittaamisen kohteet ja mitta-asteikko vaihtelevat – esimerkiksi sen mukaan onko tarve ilmaista ajallinen ero jonkin toisen ”kappaleen” suhteen, vai esimerkiksi vuorokauden suhteen. Mitta-asteikon tiheys tulee olla tilanteeseen sopiva ja on toivottavaa, että sitä voidaan tarvittaessa skaalata. Nykyisissä elektronisissa järjestelmissä asioiden ilmentymiset voidaan erotella esimerkiksi millisekunnin tarkkuudella. (Aigner et al. 2011, 53.)

## 1.3 Valo – luonnonilmiöiden aikaskaala

Valo on elektromagneettisen säteilyn ilmenemismuoto. Ihmissilmä on erikoistunut tietyn vaihteluvälin taajuuden havaitsemiseen. Ihmissilmällä ”näkyvän valon” osuus edustaa kapeaa kimppeä elektromagneettisen säteilyn kirjosta<sup>2</sup>. (Kindersley 1998, 50-54.) Valon nopeus on niin suuri, että kaikki tunnetut/ mitattavat ilmiöt mahtuvat sen nopeuden piiriin ja Einsteinin

---

<sup>2</sup> Ihmisen kykyä vastaanottaa visuaalista informaatiota on tutkittu monitorien virkistystaajuuksien avulla. Näiden pohjalta on päätelty, että kyky vaihtelee yksilöittäin. Keskimääräisen arvion perusteella kuvan välkkyminen aletaan kuitenkin havaita mikäli taajuus tippuu alle 75:een kuvaan sekunnissa. (Wikipedia. 2015b.)

laatiman suhteellisuusteorian mukaan valonnopeus voidaankin nähdä tapahtumien maksimaalisena rajana. Suhteellisuusteorian mukaan valon nopeus tyhjiössä on vakio, eli sillä on maksiminsa. (Einstein 1905.)

Tyhjiössä valon nopeudeksi on mitattu 299 792 458 metriä sekunnissa ja sitä pidetään (ainakin toistaiseksi) suurimpana mahdollisena nopeutena mikä millään luonnonilmiöllä voi olla. (Kindersley 1998, 50-54.) Valonlähteestä lähtevä valo säteilee siis ideaalisissa olosuhteissa mitattuna yhden sekunnin aikana ympäristöönsä pallon muotoisen kentän noin 300000000 metriä joka suuntaan. Näin ajatellen valonlähteestä etenee siis valoalue (informaatioavaruus), jonka peittoalueen halkaisijaksi sekunnin aikana tulee täten 600000000 metriä. Objekteista heijastunut havaittu valo kulkee yhtä nopeasti kuin suora valonlähde.



Kuva 3. Säteilymerkki (Science & Technology News 2013).

Kuvan 3 varoitusmerkki kuvaa ympäristöön säteilevää radio-aktiivista säteilyä. Säteilyn lähde on keskellä kuvaa. Valonlähteen voidaan ajatella säteilevän samaan tapaan ja antavan samankaltaisen muodon peittoalueelle. Vaikka valonsäde on äärimmäisen nopea, niin joutuu se kuitenkin matkaamaan paikasta toiseen, näin ollen myös valo kulkee viiveellä.

### ***Valon kulkema matka = Aika***

Ajan yksikkö, vuosi ja valonnopeus muodostavat etäisyyksien mittaamisessa käytetyn yksikön valovuoden (vv.). Etäisyyksien mittaamiseen käytetään siis fysiikan vakionopeuksista perusilmiötä valoa ja sen etenemismatkaa halutussa aikajaksossa. Etäisyytenä valo kulkee vuoden aikana 9,461 biljoonaa kilometriä. (Wikipedia 2013a.)

Ajallinen etäisyyksien kuvaus tulee perustelluksi ja tarpeelliseksi suurissa niin kutsutuissa tähtitieteellisissä mittakaavoissa. Esimerkiksi Linnunradan läpimitta on n. 100 000 vv. Valon matka auringosta maapallolle taasen kestää noin 8 minuuttia ja 20 sekuntia, toisin sanoen näemme aina yli 8 minuutin viiveellä auringosta lähteneen valonsäteen. Etäisyys auringosta lähimpiin tähtiin on muutama valovuosi. Tämä tarkoittaa käytännössä esimerkiksi sitä, että jos joku katselisi/ havainnoisi maapallon tapahtumia toisella planeetalla kahden valovuoden päässä, niin tapahtumat olisivat ehtineet ilmetä maassa jo pari vuotta sitten. (Wikipedia 2013a.)

Valon nopeuden mittakaavan (tiheyden) puitteissa voidaan kuvata mitä tahansa tapahtumaa myös arkitoimintamme piirissä. Kun käytetään valon nopeutta mittana-asteikkona, niin se tarkoittaa mitta-asteikon rajatonta tiheyttä ja skaalattavuutta, jonka avulla pystytään teoriassa rekisteröimään myös kaikkein pienimpiä tapahtumia. On kuitenkin viitteitä, että valon nopeuskaan ei riitä kaikkein pienimpien partikkelien nopeuden mittaamiseen, jotka saattavat kulkea ajassa myös toiseen suuntaan ja/tai ilmetä yhtä aikaa kahdessa eri paikassa.

## **1.4 Informaation visualisointi**

### **1.4.1 Visualisointi tiedon tulkinnan välineenä**

Luonnon geometrisia muotoja ja sosiaalis-kulttuurisia ilmiöitä voidaan havainnollistaa symbolisesti visualisoinnin avulla. Englannin kielessä ”Visualization” viittaa termiin ”visualize”, joka tarkoittaa jonkin asian havainnollistamista ja näkyväksi tekemistä. Visualisointi tarkoittaa jostakin asiasta mallin tai kuvan muodostamista. Visualisointi termillä on pitkä historia keskustelussa ja tietojen jakamisesta – etenkin paikkojen sijaintien jakamisessa, toisin sanoen karttojen laadinnassa. (Aigner et al. 2011, 3.) On tärkeää, että visuaalinen esitysmuoto tuo informaatiosta oleellisen näkökannan esiin, peittäämättä kuitenkaan mitään muuta (Cleveland 1993, 2). Visualisointia laadittaessa on oleellista tukea ihmisen jo ennestään omaksumia malleja. Visualisointi voidaan määritellä yleisemmin tarkoittamaan mitä tahansa tiedon esittämistä, ihmisen omaa ymmärrystä tukemaan muotoon. (Siirtola 2007.) Visualisoinnissa tavoite on hahmottaa ihmisen aistien potentiaalinen voima ottaa vastaan tietoa (Aigner et al. 2011, 3). Visuaalisessa havainnollistamisessa on kyse pyrkimyksestä tiivistää laajoja tietomääriä ja/tai tuoda esiin eri tekijöiden välisiä riippuvuuksia (Siirtola 2007).

Tiedon visualisoinnilla on pitkät perinteet, mutta nykytieteen historiassa ja tieteen logiikkaa noudattavan menetelmän aiheesta katsotaan ensimmäisenä tuottaneen René Descartes, kehittäessään systemaattisen koordinaatiston. Sittemmin tätä on käytetty tilastollisen datan visualisointiin tieteen ja teknologian kehittämisen apuvälineenä. (Cleveland 1993, 2.)

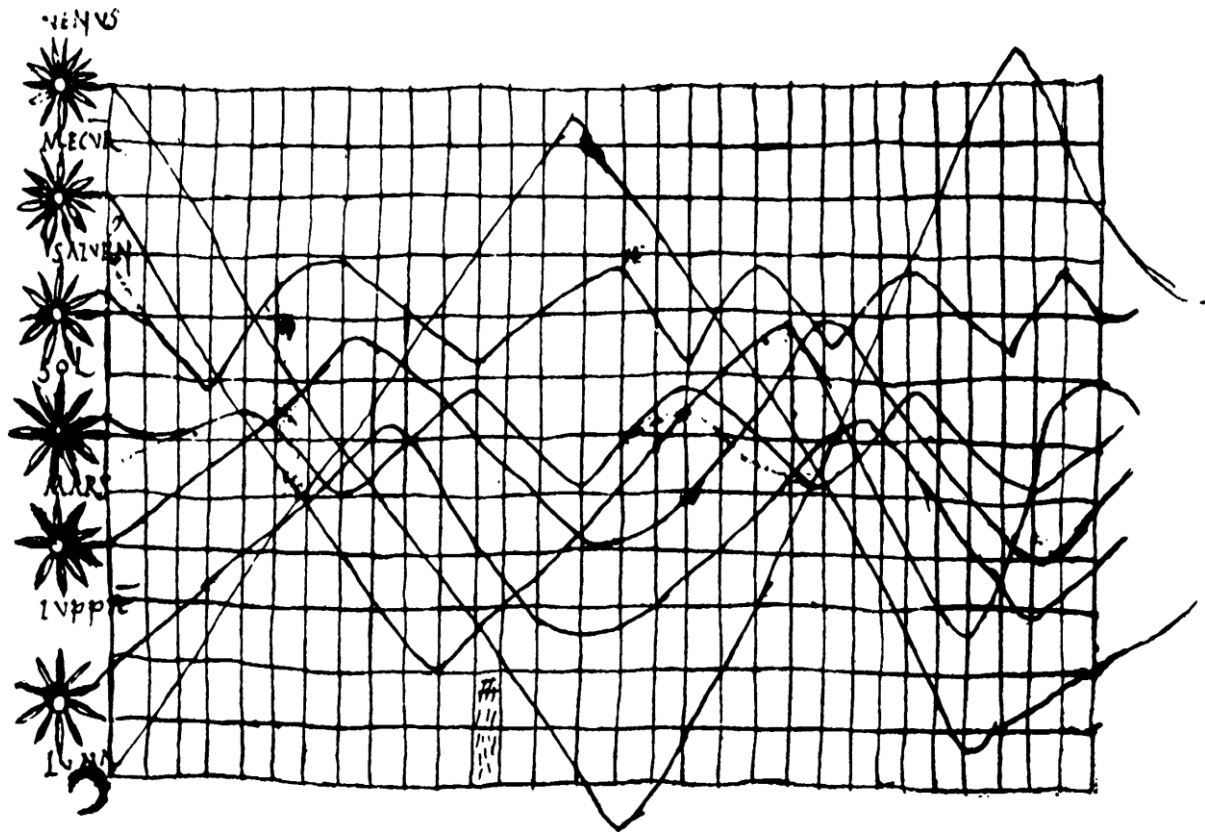
Viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana ”visualisointi” on kehittynyt omaksi itsenäiseksi tieteenalaksi. (Aigner et al. 2011, 3.) Tämä on tarkoittanut myös tietokoneavusteisen visualisoinnin tuleamista. Tietokoneen avulla voidaan muuntaa symbolit geometrisiksi ja simuloitaviksi malleiksi, joiden avulla voidaan tarkkailla eri asioiden välisiä riippuvuuksia – esimerkiksi tilanteita, joita emme voi luonnossa suoraan tutkia. Tämä rikastaa teoreettisen tieteen mahdollisuuksia. (McCormick et al. 1987, 3).

Visuaalisen informaation määrän vastaanottamista on pyritty myös automatisoimaan tietoteknologian avulla. Tämä tarkoittaa algoritmeihin perustuvaa kuvioden ja rakenteiden oppimista, sekä niiden indeksointia.

Informaatiotutkimuksessa tunnustettua Zipf:n (1949) ”*vähimmän vaivan lakia*” mukaillen voidaan todeta, että ihminen etsii tietoa sieltä mistä sitä on helpointa löytää. Tiedon visualisoidut mallit tarkoittavat suurelle osalle ihmisistä juuri tätä. Visualisoinnin avulla voidaan suurestakin datamäärästä havaita nopeasti asioiden välisiä riippuvuuksia ja muutoksia. Suuret datamäärät (esimerkiksi big data) tarvitsee osata tulkita automaattisesti, mutta lopullinen käytäntöön paneva tulkinta on toivottavaa pitää luonnollisesti ihmisillä – tähän on kehitetty erilaisia visuaalisia datan käsittelyohjelmia.

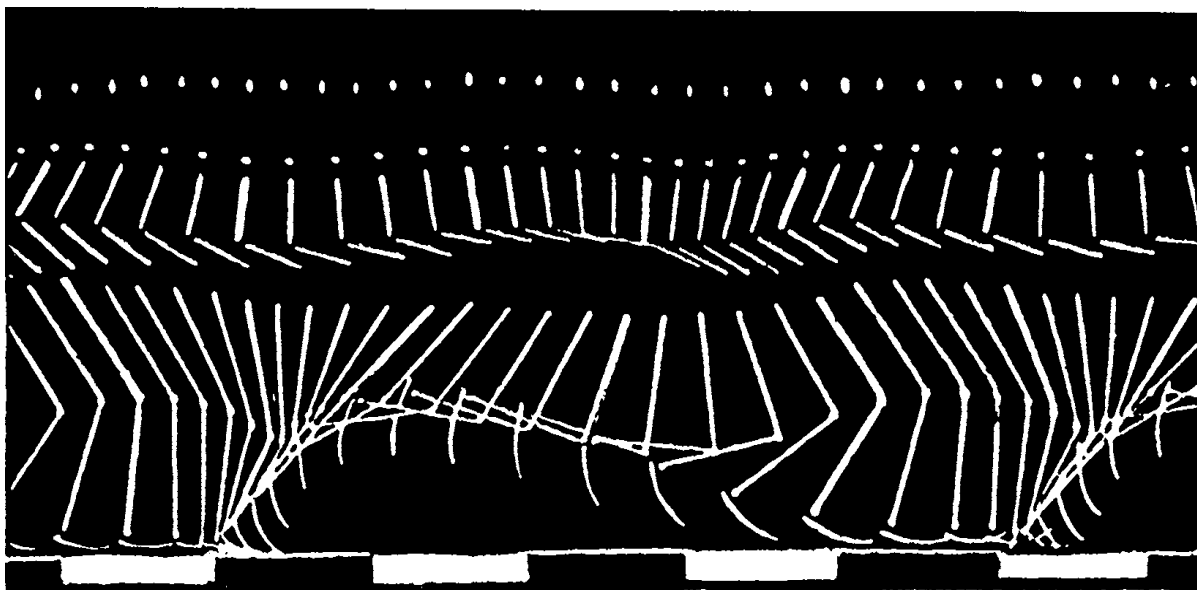
#### **1.4.2 Ajallisen tiedon visualisointi**

Ajan visualisoinnissa on kyse systemaattisesta tavasta ilmaista ilmiöiden tapahtumat suhteessa toisiinsa. Ajan ja tapahtumien visualisointia on harrastettu läpi tunnetun historian. Ajallisten tapahtumaketjujen visualisointia on tehty jo kauan ennen sähköistä aikaa (Aigner et al. 2011, 16). Tapahtumien tarkemmassa ajallisessa visualisoinnissa tarvitaan yhdenmukaista tapaa suhteuttaa havaittuja tapahtumatiloja, jotta näiden vertailu keskenään onnistuisi. Ajan kuvauksen visualisoinneissa kulunut aika visualisoidaan tapahtumatilojen etäisyyksinä - aikajanana.



Kuva 4. Planeettojen kallistuskulmat ja kiertoajat maasta katsottuna (Aigner et al. 2011, 16).

Kuvassa 4 nähtävillä oleva koordinaatiston esiaste on vanha aikajaksokuvantamista käsittelevä kirjallinen esitys. Sen on arvioitu olevan noin 900-1000 luvuilta. Se on laadittu luostarikoulussa ja se käsittelee planeettojen maasta havaittuja kiertoratojen kallistuskulmia aika-asteikon avulla. Planeettojen joukossa on mukana myös aurinko. Kuvassa 4 pystyakselilla on listattu eri planeetat ja niiden sijainnit, ja vaaka-akselilla kuvataan kulunutta aikaa - yhdessä nämä antavat tiedon planeettojen liikeradoista. Laaditun kuvauksen perusteella pystytään samalla silmäyksellä hahmottamaan versio 7 eri planeetan liikeratojen muodoista maasta katsoen. (Aigner et al. 2011, 15-16.)



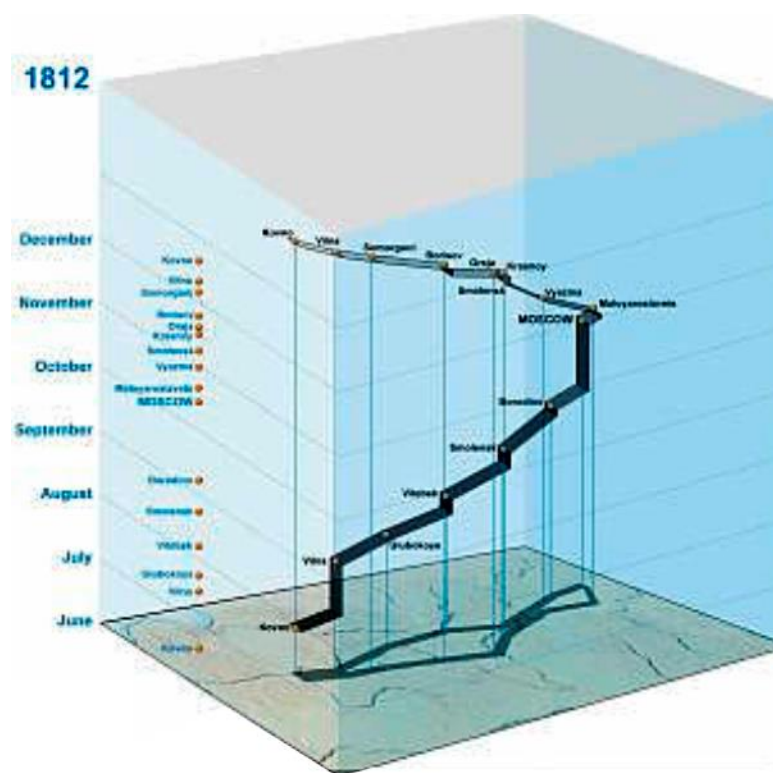
Kuva 5. Henkilö kävelee (Aigner et al. 2011, 31). *Studies of movement by Etienne-Jules Marey (19th century).*

Kuvan 5 esittämä ajan visualisointi on kehitetty Ranskassa 1830-luvulla. Siinä on havainnollistettu ihmisen reaaliaikaista liikettä ja liikkumista tilassa ajallisena kertomana (intervallikuvana). Tällainen tapa kuvata tapahtumia on nimeltään kronologiavalokuvaus (eng. chronophotography), jolla voidaan nähdä olevan myös vaikutus modernin elokuvan syntyyn 1800-luvun lopulla. (Aigner et al. 2011, 31.) Kuvassa 5 havainnollistetaan ajallisen informaation kertymää suhteessa liikkeeseen. Kuvassa on havaittavissa hahmon etenevän vasemmalta oikealle, jolloin henkilöstä piirtyy ikään kuin tallennuskohtia edellisistä tapahtumatiloista. Kuvan alalaidassa on havaittavissa mittakaava, joka säilyy koko kuvan samanlaisena. Tallennusväliä tai siirtymiä rekisteröityjen tapahtumatilojen välillä kutsutaan intervalliksi.





maantieteellinen sijainti suhteessa matkaan käytettyyn aikaan. Vaaleampi osuus on armeijan menosuunnan väri ja mustalla on merkitty paluuvaiheet. Kuvassa olevan janan paksuudesta pystytään havaitsemaan joukkojen vahvuuden muutos (ts. heikkeneminen). Kuvan kertoman tiedon mukaan sotaretkelle lähti 422000 sotilasta ja takaisin palasi 10000 sotilasta. Kuvan alalaidassa voidaan lisäksi havaita perääntymisvaiheen lämpötilojen vaihtelut (Réaumur-asteikolla ilmoitetut lämpötilat pitää kertoa luvulla 1,25 saadakseen ne celsiusasteina: esimerkiksi  $-30\text{ }^{\circ}\text{R} = -37,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), jolla voidaan ymmärtää olevan myös vaikutus olosuhteiden huononemiseen ja siten joukkojen vahvuuden heikentymiseen. (Aigner et al. 2011, 19.) Useissa tapauksissa tämän kaltainen kuvallinen kerronta havainnollistaa ja suhteuttaa katsojalle asioita tehokkaammin, kuin pelkkä luettu teksti.



Kuva 7. Napoleonin armeijan hyökkäys Venäjälle 1812 3D-kuutio grafiikkana (Kraak 2014).

Kuvassa 7 nähdään Kraakin (2014) laatima uusintaversio Minardin Napoleonin armeijan sotaretken visualisoinnista (kuva 6). Tässä versiossa matkan ja ajan etenemisen havaitsemista on tehostettu kolmiulotteisuuden avulla. Kuvan pohjalla on nähtävissä kartta jolla liikutaan. Pystyakseli on varattu ajankulumisen kuvaamiseen. Pystyakselilla on merkitty kuukaudet, sekä tietyistä käänteistä on myös tarkemmat ajankohdat. Kuvattu reitti on merkitty viivalla, jonka paksuus kuvaa armeijan vahvuutta (samaa tapaan kuin Minardin alkuperäisessä versiossa). Tässä visualisoinnissa armeijan tekemä matka piirtyy näin ollen kolmiulotteiseen aikajatkumoon - lähtökohta alhaalla ja viimeisin tieto on aikajatkumossa ylimpänä. Tämän

kaltainen kolmiulotteinen tapahtumien kuvaus painottuu ajallisen informaation havainnollistamiseen ja verraten Minardin kuvaan (kuva 6) voidaan huomata ajallisten etapin tunnistaminen olevan hieman tehokkaampaa.

## 1.5 Luonnon simulointi

Mitkä tahansa kappaleet ja näiden tapahtumat voidaan kuvata pääpiirteiltään kolmen perusulottuvuuden avulla, toisin sanoen x-, y-, z-akseleilla (Einstein 1905, 7). Näiden ulottuvuuksien sisään voidaan luoda oma avaruus ja mallintaa sinne kappaleita ja tapahtumia. Mittausten perusteella kappaleet voidaan sitten mallintaa esimerkiksi tietokonesimulaatioon. Mittaustarkkuus ja mallin käyttötarkoitus määrittävät mallin tarkkuuden. Matemaattisen ja virtuaalisen mallintamisen tulos on aina approksimaatio - todellisuutta yksinkertaistava esitys.

Simuloinnin<sup>3</sup> avulla jäljitellään todellisuutta. Todellisuus jota simuloidaan, on näin ymmärrettynä ympäröivä maailma (Banks et al. 2001, 3). Simulaatioita voidaan luoda tietoteknisesti kolmiulotteisen mallinnuksen (eng. three dimensional modeling) avulla. Tietokonesimulointi on merkittävin kasvuala simuloinnin alalla. Siinä tietokoneen sisään rakennetaan keinotekoinen- tai virtuaalinen todellisuus, joka yrittää jäljitellä oikeaa todellisuutta. Simulointi ei tarkoita kuitenkaan vain teknistä asiaa, vaan ihminen esimerkiksi simuloi myös ”kollektiivista todellisuutta” omassa mielikuvitusmaailmassaan. (Wikipedia 2014c.)

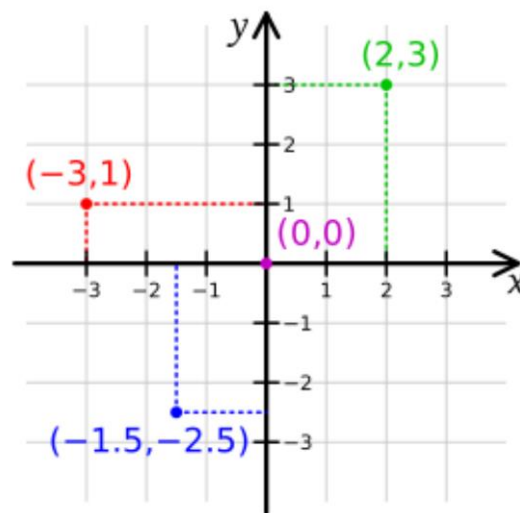
Simulaatiota voidaan käyttää apuna vaihtelevien olosuhteiden hahmottamisessa. Sen avulla voidaan myös havainnollistaa sellaisia olosuhteita, joita ei todellisuudessa vielä ole, tai jotka saattavat olla liian vaarallisia oikeassa elämässä toteuttaa. Simuloinnin avulla voidaan esimerkiksi suunnitella rakennelmia, joita ei ole vielä saatavilla tai olemassa. (Sokolowski & Banks 2009.) Useimmiten simulaatioiden kolmiulotteinen maailma projisoidaan esityksissä vielä kuitenkin kaksiulotteiselle kuvapinnalle - esimerkiksi monitorille. (Wikipedia 2014d.)

---

<sup>3</sup> Tässä työssä käytetään termiä ”virtualisointi” kuvaamaan simulointia teknologisessa ympäristössä.

### 1.5.1 Peruskoordinaatisto

Koordinaatisto on säännönmukainen geometrinen järjestelmä. Erilaisia koordinaatistoja on monia. Yleisin käytetty koordinaatistomalli matematiikassa ja graafisissa esityksissä on ollut kaksiulotteinen, niin sanottu ”suorakulmainen karteesinen koordinaatisto”. Tätä kaksiulotteista koordinaatistoa on käytetty eniten tiedon käsittelyssä ja erilaisiin tiedon visualisointeihin kautta aikain (esimerkiksi kartat). Siinä on ulottuvuuksiensa mukainen määrä akseleita. Akselit ovat toisiaan vastaan kohtisuorassa ja ne lähtevät koordinaatiston origosta. *Origo* on koordinaatiston nollapiste, jossa kaikkien koordinaattien arvo on nolla ja koordinaatistoakselit leikkaavat siinä toisensa. (Wikipedia 2014a.) Koordinaatistoa laadittaessa annetaan etäisyyksille halutut mittayksiköt (skaala, tiheys tai rakeisuus) ja niinpä jokainen koordinaatiopiste on samalla etäisyydellä viereisestä pisteestä.



Kuva 8. Kaksiulotteinen karteesinen koordinaatisto (Wikipedia 2014a).

Kuvassa 8 on kaksiulotteinen peruskoordinaatisto. Käytössä on kaksi akselia: horisontaalisesti kulkeva x-akseli ja vertikaalisesti kulkeva y-akseli. Koordinaatistossa mitattaville ilmiöille voidaan kuvata myös negatiiviset arvot. Arvoja voidaan kutsua myös osoitteiksi ja ne kertovat välimatkasta ja suunnasta koordinaatiston origoon.

Kaksiulotteista positiiviseen sektoriin sijoittuvaa koordinaatistoa käytetään usein apuna ilmiöiden ajallisessa suhteutuksessa toisiinsa. Yleensä x-akselia käytetään aikajanana ja y-akselia käytetään seuratun asian määrällisessä kuvaamisessa eri ajankohtina.

## 1.5.2 Luonnon kappaleiden 1:1 mallinnus

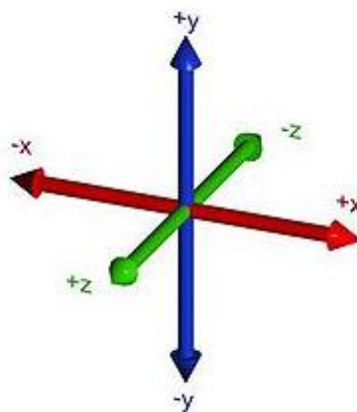
### *Mittakaava*

Mittakaavalla tarkoitetaan yleensä mallin pienennyssuhdetta (toiseenkin suuntaan mahdollinen). Esimerkiksi kartoissa ilmoitettu mittakaava kertoo kartalla ja maastossa olevan matkan välisestä suhteesta. Jos kartan mittakaava on esimerkiksi 1:10000, niin tämä tarkoittaa, että yksi senttimetri kartalla vastaa maastossa 100 metriä luonnossa. (Maanmittauslaitos 2014.) Jos siis puhutaan 1:1 mittakaavasta, niin tällä tarkoitetaan luonnollisessa koossa olevaa mallinnusta.

### *Kartat*

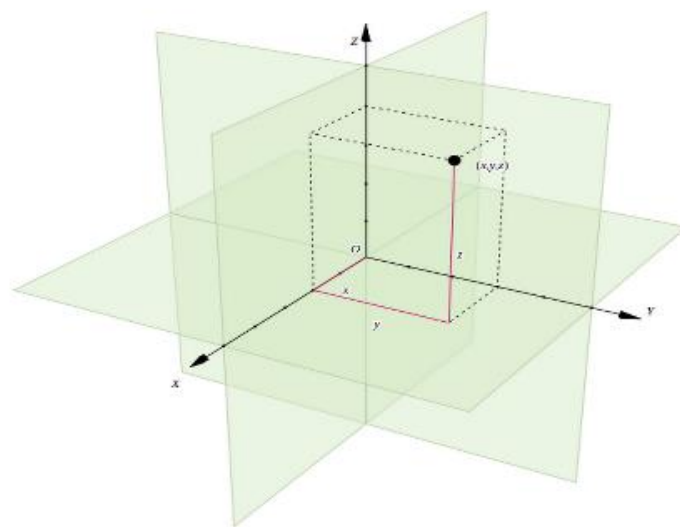
Tiedon visualisoinnista ja luonnon mallintamisesta puhuttaessa yksi perustavanlaatuisin asia on maastokartat. Peruskoordinaatistoa käytetään yleisesti karttojen laadinnassa. Kartta on erikseen kartassa ilmoitetun mittakaavan mukaisesti pienennetty ja merkeiltään selitetty kaksiulotteinen piirroskuva (x-,y-koordinaatistossa) tietyistä alueesta (usein kartta koordinaatistossa käytetään vain positiivisia arvoja). Kartan tärkein tehtävä on kertoa, miten karttapisteet (paikat) sijaitsevat toisiinsa nähden (Wikipedia 2014b). Kaksiulotteisissa kartoissa on usein erityismerkit myös erilaisille pinnanmuodoille. Kartan apuna käytetään kompassia, jolla pystytään määrittämään kartan asento suhteessa maapallon asentoon.

### *Kappaleet koordinaatistossa*



Kuva 9. Kolmiulotteinen karteesinen koordinaatisto (Wikipedia 2014a).

Luonnon kappaleiden mallinnuksessa tarvitaan myös leveyden ja pituuden lisäksi kolmatta ulottuvuutta, eli syvyyttä (z). Kuvan 9 koordinaatistossa on x- ja y-akselin lisäksi nähtävillä z-akseli. Koordinaatiston origo sijaitsee kolmen akselin leikkauspisteessä. Koordinaatisto josta löytyy 3-ulottuvuutta, soveltuu luonnon kappaleiden mallinnukseen.



Kuva 10. Kappale avaruudessa (Wikipedia 2013b).

Avaruusgeometria on geometrian alue, jossa käsitellään kolmiulotteisia kappaleita (Wikipedia 2015d). Kuvassa 10 voi havaita kolme eri ulottuvuutta ja näiden leikkauspisteen mukaan järjestäytyneen ~kuution. Kuvassa nähtävillä olevan koordinaatiston sisällä oleva kappale on kuvattu kokonaan positiiviseen ulottuvuuteen. Kun koordinaatistoon kuvataan kappale (objekti), niin muodostuu sen sisälle oma sisäinen koordinaatistonsa. Tällä kappaleen sisäisellä koordinaatistolla on oma origonsa, joka sijaitsee kappaleen (sopimuksenvaraisessa) keskipisteessä. Koska koordinaatisto on säännönmukainen tila, niin se määrittää siellä olevien mallinnettujen kappaleiden (toisten koordinaatistojen) mittasuhteiden vertailukelpoisuuden keskenään.

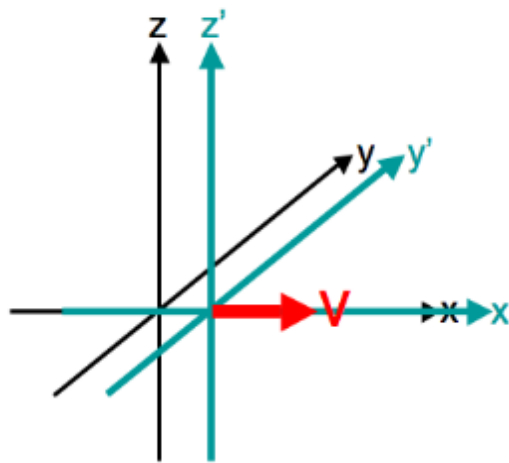
### 1.5.3 Intervalli – ajallinen liike

Perusintervallitiloja voidaan katsoa olevan kaksi – nykyhetken molemmiin puolin. Kappaleiden tilojen muutoksen, eli liikkeen ilmaisuun tarvitaan neljättä ulottuvuutta, eli aikaa. Liike tarkoittaa niin kappaleen sijainnin, kuin ajallisen osoitteen muutosta. Liike voi olla luonteeltaan monenlaista - suoraviivaista tai käyräviivaista ja liike voi olla tasaista tai muuttuvaa. (Nave 2014.)

Filosofi Leibniz oli 1600-luvulla sitä mieltä, että avaruudesta ei ole mielekäästä puhua muutoin kuin kappaleiden sijaintina toistensa suhteen, eikä ajasta muutoin kuin kappaleiden liikkeenä toistensa suhteen. (Ferraro 2007, 1.) Tämä Leibnizin esittämä ajatus tuo mieleen maailmankaikkeuden mekanistisena deterministisena mallina, jossa ajan ja sikäli tapahtumien eteneminen on sidoksissa taivaankappaleiden ”kellokoneistoon”. Leibnizia mukaillen voidaan

todeta, että kappaleiden havaittava liikkuminen tapahtuu aina suhteessa johonkin koordinaatistoon. Fyysisen liikkumisen tai liikkumattomuuden lisäksi voidaan (Leibnizin näkemyksestä hieman poiketen) myös puhua ”pelkästään” ajallisesta liikkumisesta, kun rinnastetaan ajan kulumisen valoinformaation etenemiseen.

Kahden havaitun tapahtumatilan etäisyyttä neliulotteisessa aika-avaruudessa kutsutaan intervalliksi. Intervallissa huomioidaan minimissään kaksi rekisteröityä tapahtumatilaa ja niiden ilmenemisen välillä tapahtunut valoinformaation etenemisen välimatka (aikaväli), sekä mahdollinen fyysisen sijainnin muutos koordinaatistossa. (Wikipedia 2013c.)



Kuva 11. Intervalli, eli kahden tapahtumatilan välinen aika = valon kulkema matka (Wikipedia 2013c).

Kuvassa 11 on havaittavissa sama koordinaatisto kahtena eri ajankohtana. Kuvasta voi huomata koordinaatistojen olevan yksi ja sama, mutta hetki on vaihtunut. Vasemmalla puolella oleva koordinaatisto (xyz-akselisto) on nykyajassa, ja oikean puoleinen koordinaatisto kuvaa historiaan ”tallentunutta” tapahtumatilaa. V-kirjaimella merkitty nuoli kuvaa valoinformaation suuntaa nykyhetkestä historiaan.

Koordinaatistojen välisellä välimatkalla kuvataan valon etenemisen matkaa, joka rinnastuu ajan kulumiseen. Valoinformatio (ajan kulumisen) kulkee siis tavallaan omassa koordinaatistonaan ”fyysisen ja näkyvän” koordinaatiston taustalla. Kappaleet siis liikkuvat ajassa, vaikka ne fyysisesti näyttävät pysyvän paikoillaan. Tämä pelkkä ajallinen liikkuminen - seurattujen tapahtumatilojen välinen aika eli intervallisiirtymä voidaan havaita valon kulkemana välimatkana. Tietty valon kulkema välimatka vertautuu tiettyyn aikajaksoon. Aika/valo etenee omassa koordinaatistossaan valonnopeutta noudattaen yhteen suuntaan, ja näin ollen tapahtumatilojen intervallivälit voidaan mitata. Kappaleiden tapahtumatilat ja niiden

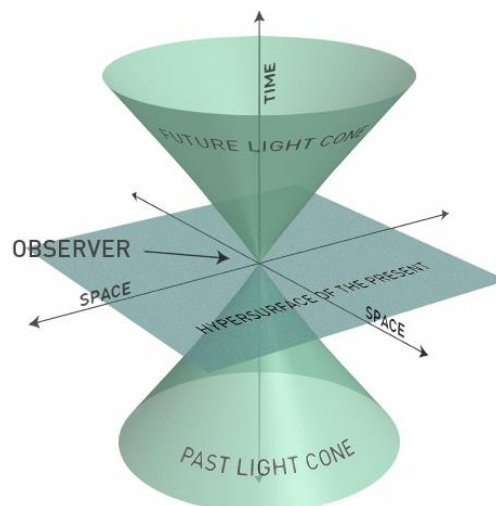
väliset intervallit sijoittuvat siis valoinformaation muodostamaan aikajatkumoon. Valon etenemä matka kuvaa tiettyä aikaväliä.

### 1.5.4 Aikajatkumo

Aika-avaruus on neliulotteinen tila, jossa on kolme avaruudellista ulottuvuutta (pituus, leveys ja syvyys) ja niiden lisäksi aikaulottuvuus, joka mahdollistaa objektien ”staattisten” tapahtumatiilojen muuttumisen toisiin. Aikajatkumomallissa ajan kulumisen vertautuu valoinformaation etenemään matkaan. Yleisesti ajatellaan, että nykyhetki on kiinteä ja fyysinen paikka jossa tarkkailija voi tehdä havaintojaan.

Aikajatkumon kautta ymmärrettynä nykyhetken sijainti on kuitenkin suhteellinen ja riippuu havaintojen tekijän omasta sijainnista suhteessa tarkkailtavaan objektiin. Subjekttiivisen kokemisen kannalta jokainen tarkkailija voi ajatella olevansa paikallaan ja kokea, että muu maailma liikkuu hänen ympärillään. Ajan kulumisen onkin sidoksissa tarkkailijan ja tarkkailtavan keskinäisestä suhteesta ja siitä kumman koordinaatiston mukaan ajan kulumista lasketaan. (Einstein 1905).

Perinteisessä aikajatkumokuvauksessa valo saapuu havaintojen tekijälle tulevaisuudesta, kulkien ohi nykyhetken ja loitontuen menneisyydeksi. Nykyhetkessä tehdyt havainnot tarkkailtavasta objektista voidaan ajallisesti rekisteröidä suhteessa valoinformaation kulkemaan matkaan. Näitä havaittujen tapahtumatiilojen välimatkoja kutsutaan intervalleiksi.



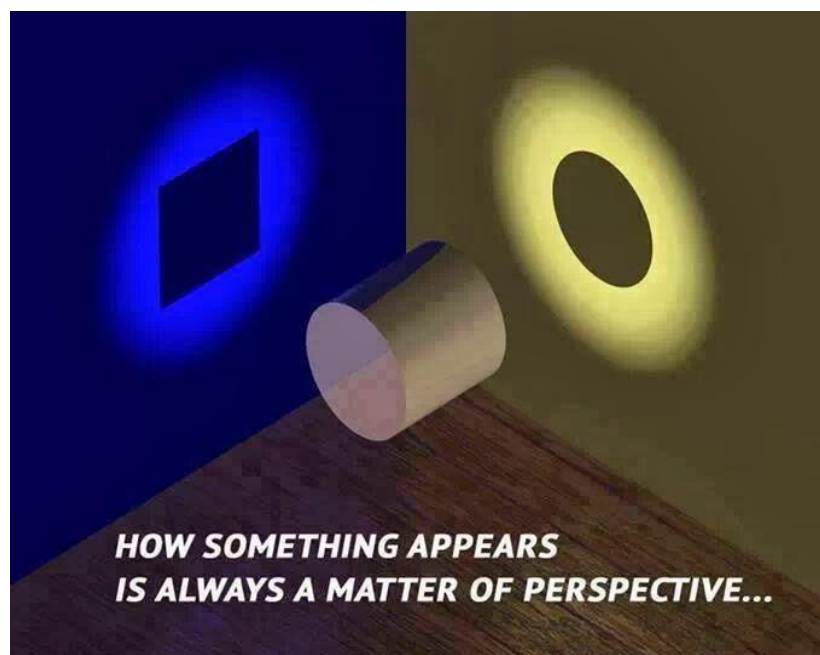
Kuva 12. Aikajatkumo. Menneisyys, tulevaisuus ja nykyhetki. (Wikipedia 2014e).

Kuvassa 12 on esillä ehkä yleisin tapa visualisoida aikajatkumoa. Ajan kulumisen on siinä sidoksissa valoinformaation kulkuun. Kuvassa on havaittavissa kaksi valokartiota, jotka

kohtaavat kuvan keskellä - origossa. Origo edustaa havaintojen tekemisen tarkkailupistettä ja nykyhetkeä. Origon yläpuolelta saapuu tulevaisuuden valokartio, kulkien läpi nykyhetken ja loitontuen menneisyyden valokartioksi, joka on kuvassa alhaalla. Menneisyyden valokartion tapahtumat eivät voi enää suoraan vaikuttaa origon tapahtumiin, eikä origon tapahtuma voi myöskään suoraan vaikuttaa tulevaisuuden valokartion tapahtumiin, sillä tämä vaatisi kummassakin tapauksessa informaation etenemistä valon maksimia nopeammin. (Wikipedia 2014e.) Menneen ajan valokartion informaatio on kuitenkin potentiaalisesti mahdollista tallentaa ja koittaa näiden tietojen perusteella esimerkiksi laskentaa hyväksikäyttäen ennakoida tulevaisuuden valokartion tapahtumia.

## 1.6 Tarkkaileva subjekti, tarkkailtava objekti

Havaintojen tekemiseen tarvitaan tarkkailija ja tarkkailtava. Näitä voidaan nimittää subjektiksi ja objektiksi. Subjekti on tarkkailija ja objekti se, mitä tarkkaillaan. Subjekti on olio, entiteetti, jolla on subjektiivisia kokemuksia, jotka vaikuttavat tarkkailun näkökulmaan ja tulkintaan. Subjektin suhde muihin entiteetteihin (objekteihin) vaikuttaa sen niiltä saamaan informaatioon. (Wikipedia 2014f.)



Kuva 13. Geometrinen hahmottaminen eri näkökulmista (The Maths Orchard 2014).

Kuvassa 13 huomataan, että samasta kappaleesta lähtöisin olevat kaksi eri varjoa ovat tyystin erilaisia, mikäli niiden valonlähteiden paikat poikkeavat toisistaan. Näin ollen sama objekti voi antaa subjektin omasta sijainnista riippuen kaksi täysin erilaista näkymää. Tarkkailevan



subjektin omaa vireystasoa ja kokemusmaailmaa voidaan viitteellisesti rinnastaa myös ”sijaintiin” tai verrata erilaisiin suodattimiin informaation vastaanottamisessa.

## **1.7 Yhteenvedo teoreettisesta viitekehyksestä**

Ajannuolella havainnollistetaan informaation kertymisen suuntaa. Kuvainnollisesti, ajannuoli etenee mekaanisen oloisesti yhteen suuntaan – tavallaan menneisyydestä aina nykyhetkeä ja tulevaisuutta kohti. Ajannuolen voi käsittää myös visuaalisena aikajanana, jonka varrelle historian tapahtumat kertyvät ja suhteutuvat etäisyyksinä toisiinsa.

Teoreettisessa viitekehyksessä viitatus kaksikulotteiset visuaaliset esimerkit havainnollistavat eri tapahtumia ja niiden vaiheiden systemaattista ajallista etenemistä. Aika on niissä kuvattu visuaalisesti havaittavana välimatkana. Kaksikulotteiset esimerkit eivät kuitenkaan ole rakenteeltaan riittäviä simuloimaan ja kuvaamaan tapahtumia kolmiulotteisessa ympäristössä.

Työssäni hahmoteltavan kolmiulotteisen mallin painotus on luonnon tapahtumien tallentamisessa ja rekonstruoinnissa – tätä varten tarvitaan koordinaatiston kolmas ulottuvuus. Aikajatkumoa voidaan kuvata menneisyyden ja tulevaisuuden yhteen sitovalla kaksiosaisella valokartiomallilla (kuva 12). Valokartiomalli kuvaa valoinformaation etenemisen ja ajan suhdetta. Visuaalisena mallina se on kuitenkin riittämätön kuvaamaan keskitetysti ajassa tapahtuvien kolmiulotteisten ilmiöiden suhteita toisiinsa. Tässä työssä kaavailussa virtuaalimallissa ajallinen ulottuvuus aikajatkumossa toimii omana koordinaatistonaan ja navigoinnin muotona. Mallin toimivuuteen tarvitaan siis tietämystä luonnon kappaleiden mitattavuudesta, mallinnuksesta ja rekisteröityjen tapahtumatilojen suhteutuksesta toisiinsa aikajatkumona.

Hahmotellun mallin muoto syntyy luonnonmukaisesti valon etenemistä mukaillen. Ajankulumista voidaankin kuvata valoinformaation ”pinoutumisena” tarkasteltavan objektin ympärille pallonomaisesti. Esimerkiksi jos tarkkaillaan yksittäistä objektia sekunnin ajan, niin ideaalisti objekti luovuttaa itsestään valoinformaatiota ympärilleen valonnopeudella (n. 300 000 kilometriä sekunnissa). Tarkasteltava aikajatkumo on siis yhden sekunnin pitkä (300 000 kilometriä) joka suuntaan. Jos tämän sekunnin aikana pystyttäisiin tallentamaan 300 000 kuvaa jostain kohtaa objektista, niin tämä tarkoittaisi tässä sekunnin mittaisessa aikajatkumossa intervallisiirtymän etäisyytenä aina yhtä kilometriä. Tarkastelun keskipisteeksi valittu objekti tavallaan säteilee valoa kaikkialle ympärilleen – myös siis kohti sen avaruudessa sijaitsevaa tarkkailijaansa. Kun valo kulkee yhteen suuntaan – kohti tulevaisuutta, niin tässä työssä kaavailun mallin puitteissa uusin tieto tarkkailtavasta objektista löytyy ”läheltä” itse objektia,

toisin sanottuna ”valonlähdettä” – pallon (keskiössä olevan objektin) muotoisen aikajatkumon ytimeistä. Historiallinen tieto on kulkenut tarkasteltavasta valonlähteestä jo kauemmaksi – tarkasteltavaa objektia ympäröivän aikajatkumon ulommille kehille.

Saamamme informaation ikä on aina suhteellista. Esimerkiksi tietomme kaukaisista planeetoista perustuu usein tuhansia vuosia avaruudessa meitä kohti matkanneeseen valoon. Havaittu tietomme kaukaisista planeetoista on siis suhteellisesti ottaen ”uusinta uutta” tai ”tuhansia vuosia vanhaa” riippuen siitä lasketaanko ajan kulumista tarkkailijan, vai tarkkailtavan koordinaatiston mukaan. Tässä työssä kaavaillussa mallissa ajanlasku tapahtuu tarkkailun keskiössä olevan objektin mukaan.

Valoinformaation eteneminen aikajatkumossa pätee myös mikrotasolla, kaikki aistiemme rekisteröimä tieto voidaan tulkita ”vanhaksi” – näkemämme asiat ovat jo ”hetki” sitten tapahtuneita. Riippuen etäisyydestämme tarkkailun kohteeseen, tapahtumien ja aistimustemme välinen viive on pieni tai merkityksellisen suuri. Salama on jo iskenyt kohteeseensa, kun näemme sen. Salamaniskun ääni havainnollistaa asiaa, ääniaallot (ääni-informaatio) kulkee valoa (valoinformaatio) hitaammin ja vastaanotamme ne eriaikaisesti.

Tarkastelupisteemme fyysinen sijainti tarkkailtavan objektin koordinaatistossa ja tarkkailevan subjektin kyky prosessoida saamaansa informaatiota vaikuttaa saadun tiedon laatuun, esimerkiksi mistä kulmasta tarkkailtavaa objektia havainnoidaan, kuinka paljon informaatiota tarkasteltavasta objektista voidaan havaita, ja paljonko tallennuskapasiteettia informaation tallentamiseen on käytössä. Esimerkiksi tähtitaivas näyttää erilaiselta eri puolilta päiväntasaajaa, sekä riippuen siitä onko tarkkailija maallikko vai astronomi.

Tässä työssä kaavaillun mallin puitteissa voimme tarkastella mikro- tai makrotason ilmiöitä. Tämän työn kehityskaari kulkee asioiden ja tapahtumien ajallisesta visuaalisesta kuvantamisesta kohti virtuaalista kolmiulotteista simulaatiota, jossa aika on yhtenä navigoinnin muotona.

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoite on löytää ja kehittää yleisluontoinen malli – työväline - ajan ja siinä tapahtuvien ilmiöiden systemaattiseen virtuaaliseen kuvaamiseen. Tarkoituksena on luoda informaation tarkasteluun kehysrakenne (”koneisto”), jonka avulla voitaisiin tallentaa ja tulkita ilmiöitä valitun tarkkailukohteen ja -pisteen kontekstissa. Kehysrakenne pyrkii yleispätevyyteen - sillä tulisi voida tulkita sekä makrotason, että mikrotason ilmiöitä.

Hahmoteltu malli on avaruudellinen. Esittelen sen tutkimuksessani kuitenkin käytettävän median mukaisesti kaksiulotteisesti esimerkkien ja diagrammien kautta. Testaan mallin toimivuutta olemassa olevien aikaa ja paikkaa visualisoivien sovellusten avulla. Tarkoitukseni on lisäksi arvioida mallin tarjoamia mahdollisuuksia tiedon- tallennuksen ja vertailun kehyksenä – nyt ja tulevaisuudessa.

### 2.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset koskevat hahmoteltua ajan virtuaalista informaatiomallia, joka pohjaa absoluuttiseen avaruuden malliin valitun objektin keskipisteen ympärillä.

#### *Mallin rakennetta koskevat kysymykset:*

- Mitä tekijöitä tai elementtejä tarvitaan luonnon ilmiöiden mallintamiseen ajassa tämän menetelmän puitteissa?
- Miten tarkkailupisteen sijainti vaikuttaa informaation kertymiseen?
- Mikä absoluuttisen keskipisteen merkitys on koordinaatisto-osoitteiden kertymisen kannalta?
- Mitä erilaisia objekti- tai osoitetyyppejä mallissa on ja miten ne vaikuttavat informaation luokitukseen?
- Miten tarkkailtavista objekteista kertynyt informaatio rakentuu systemaattisesti kiintokoordinaatiston aikajatkumoon?

#### *Mallin hyödyntämistä koskevat kysymykset:*

- Miten malli soveltuu olemassa olevien karttapohjaisten sovellusten tietojen tallennuksen kehykseksi?
- Miten mallia voitaisiin hyödyntää fyysisten objektien liikkeiden tulkinnassa?
- Mitä malli voisi tuoda sosiaalisten ilmiöiden tulkintaan?

## 2.3 Tutkimuskohteen raja

Teoreettisen tutkimuksen kohde on ajassa tapahtuvat ilmiöt ja niiden tiettyihin ehtoihin perustuva suhteutus toisiinsa. Aika on fysiikan perussuure, jonka avulla selitetään ja kuvataan ilmiöiden etenemistä, niin arkielämässä kuin tieteissä. Ajan etenemistä on visualisoitu monella tapaa, jotta meidän olisi helpompi hahmottaa sitä. Tässä työssä kaavaillussa mallissa aika ja valoinformaation eteneminen rinnastetaan toisiinsa – ajan kulumisen kuvaaminen on suorassa suhteessa valoinformaation etenemismatkaan aikajatkumossa.

Taustalla työssä käytetään ajatusta säännönmukaisesta geometrisesta avaruudesta<sup>4</sup>, jonne luonnonmuodot voidaan mallintaa ja ajallis-tilallisesti suhteuttaa niiden tapahtumat toisiinsa valitun objektin keskipisteestä lähtöisin olevassa aikajatkumossa. Lähtökohtaisesti tässä työssä hahmoteltu malli visualisoi aikajatkumoa nykyisyydestä menneisyyteen, mutta mahdollistaa myös ajallisten tapahtumien projisoinnin tulevaisuuteen.

Tämä työ pyrkii etsimään yhtenäistävä mallia ajan ja paikan suhteelliselle virtualisoinnille. Informaatiotutkimuksen alueella tämä tutkimus liikkuu tiedon visualisoinnin maastossa.

---

<sup>4</sup> Suuret massat vaikuttavat valon käyttäymiseen. Mallissa havainnot tallennetaan sen mukaan kuinka ne tarkkailevan subjektin sektorista riippuen kulloinkin ilmenevät.

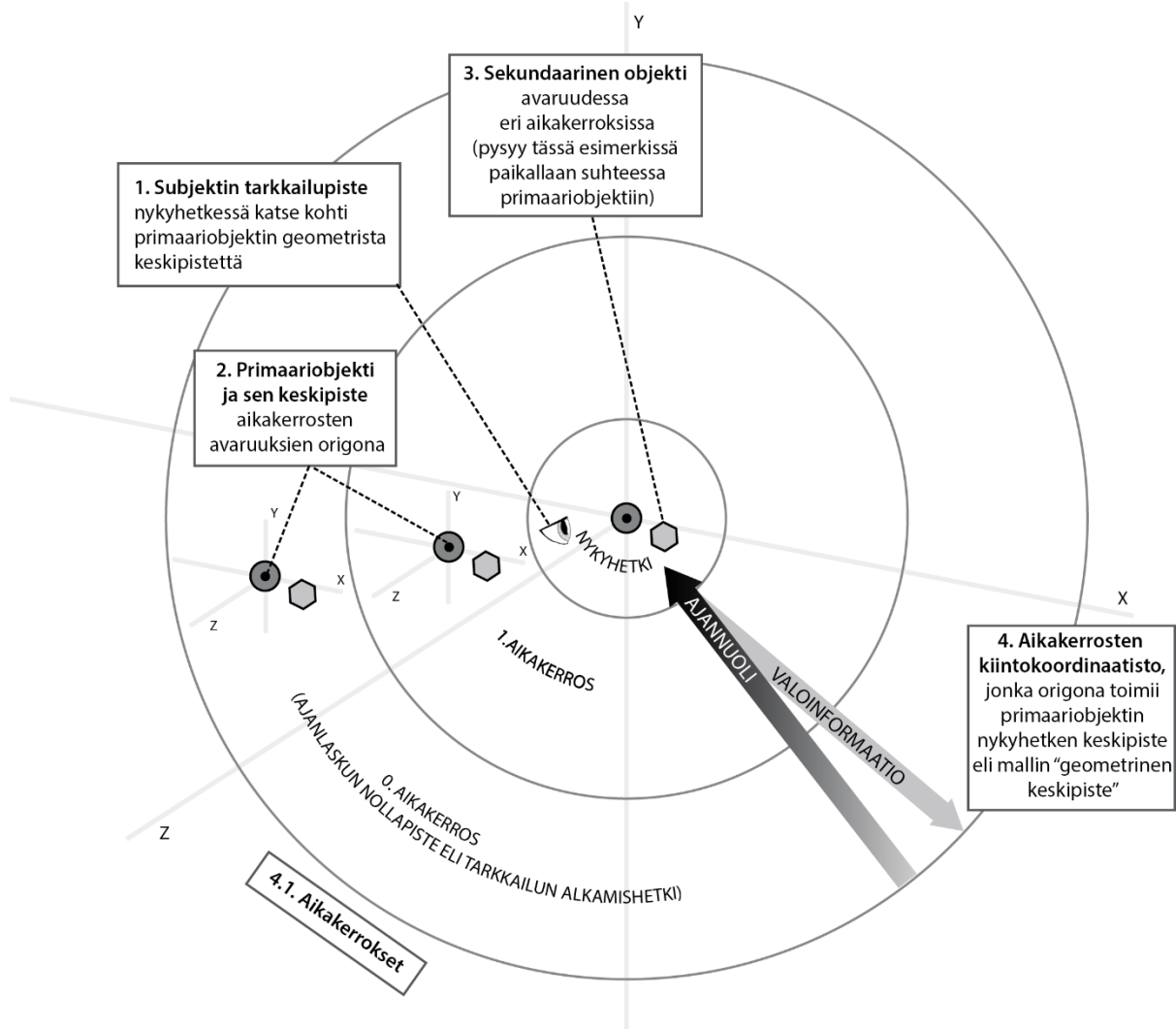
### **3 Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto – mallin suunnittelu**

Perinteisen vedettävän kellon koneisto on hienomekaaninen taidonnäyte. Tarkoitukseni tämän työn puitteissa on löytää keskeiset tekijät (”mekanismit”) luonnonilmiöiden kuvaamiseen ajassa ja rakentaa niistä yleispätevä malli - ”*ajankuvauksen virtuaalinen koneisto*” (ks. Liite). Tässä teoreettisessa tutkimuksessa on konstruoitu virtuaalimalli ajan ja sen ilmiöiden geometriseen ja visualiseen tulkintaan. Mallin avulla luonnollisia ilmiöitä voi kuvata ajallis-paikallisessa suhteessa toisiinsa. Virtuaalinen malli pohjautuu olemassa oleviin teorioihin (ks. Teoreettinen viitekehys) ja henkilökohtaisiin havaintoihini ajasta. Yhtenäinen malli on rakentunut tutkimusprosessissa osatekijöitä teoreettisesti, kirjallisesti ja visuaalisesti yhdistelemällä.

Määrittelen seuraavassa tutkimusprosessin etenemisjärjestyksessä kaavaillun mallin osatekijät – peruselementit (3.1. Koneiston peruselementit). Yhdistän ne sitten yhtenäiseksi virtuaaliseksi malliksi (3.2. Mallin toiminnallisuus käytännössä). Lopuksi testaan teoriaa käytössä olevilla ”aika-paikka”-sovelluksilla (4. Virtuaalimallin testaaminen).

### 3.1 Koneiston peruselementit

Virtualisointimallin neljä pääelementtiä ovat *subjekti*, *tarkasteltava objekti*, *muut objektit* ja *kiintokoordinaatisto*, jossa aikakerrokset sijaitsevat. Malli on konseptuaalisesti neliulotteinen (kolmiulotteinen avaruus + valo/aika), mutta visualisoin sitä tässä kirjallisessa työssä kaksiulotteisesti. Seuraavassa kaavakuvassa (kuva 14) käyn läpi mallin mekanismeja.



Kuva 14. Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto kaavakuvana.

Kuvassa 14 on mallin rakenteen kaavakuva. Kaavakuvasta voidaan nähdä mallista ”lintuperspektiivi”. Koneiston käyttäjän perspektiivi on merkitty kuvaan silmä-symbolilla (1.) ja sen voidaan todeta suuntautuvan kuvan keskelle. Kaavakuvassa nähtävillä olevan näkökulman avulla pystytään kuitenkin havainnollistamaan mallin toiminnallisuutta. Kuvan keskellä (nykyhetkessä) olevasta objektista on tallentunut informaatiota aikajatkumon kahdelle aikakerrokselle.

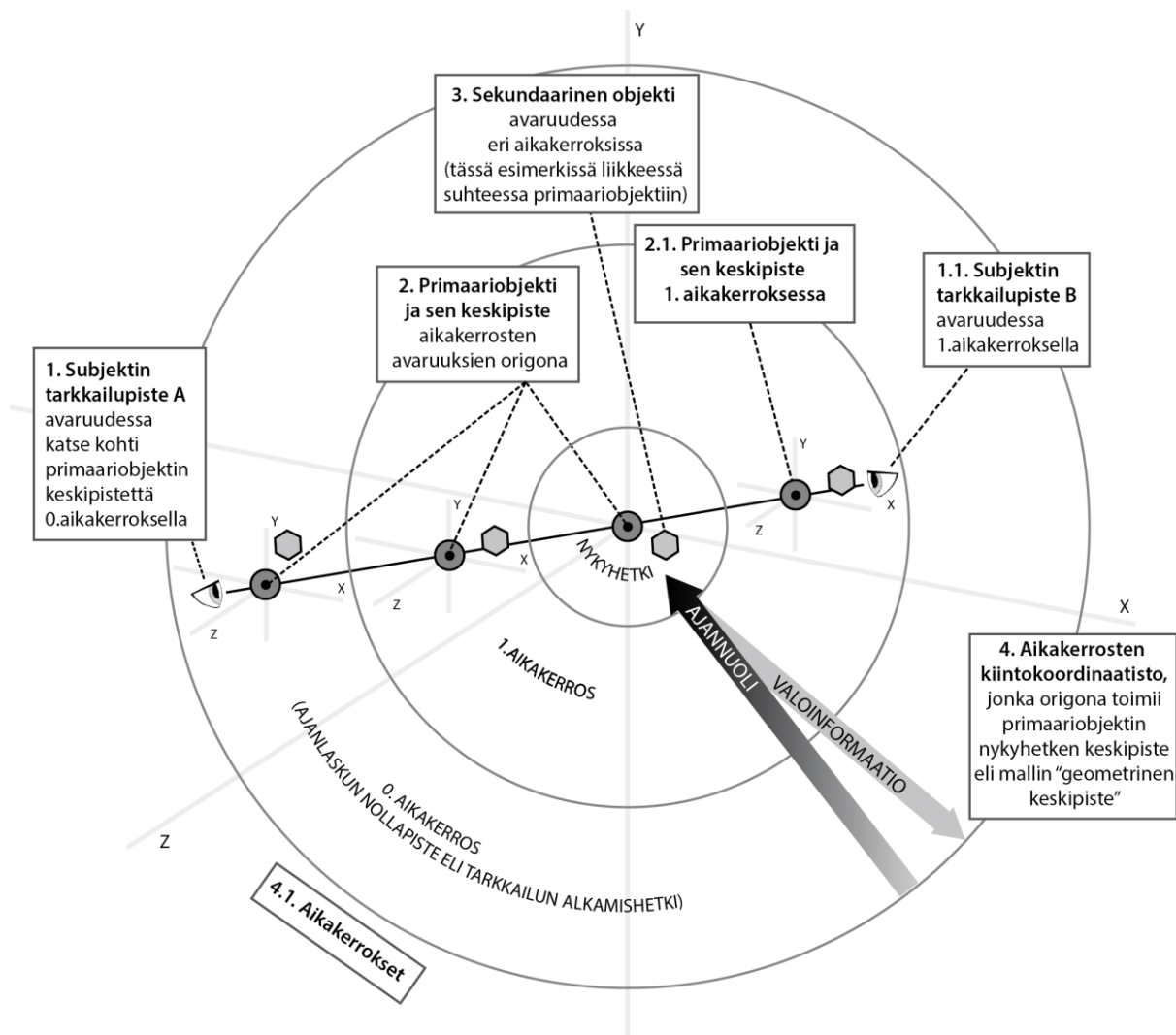
1. **Subjektin tarkkailupiste** määrittää tarkkailun sektorin ja ajankohdan, josta käsin tarkkailu tapahtuu. Tässä esimerkissä tarkkailupiste sijaitsee nykyhetkessä ja se on suorittanut sektorinsa mukaista informaation tallennusta kahdelle virtuaaliselle aikakerrokselle.
2. **Primaariobjekti**, joka on valittu tarkastelun kohteeksi. Primaariobjektin keskipiste toimii sitä ympäröivän xyz-avaruuden origona (joka aikakerroksella). Primaariobjekti ja sen avaruus näkyvät eri aikakerroksilla itsenäisinä ilmentyminään.
3. **Sekundaarinen objekti**, jonka sijainti ja liike määrittyvät primaariobjektia ympäröivän avaruuden koordinaatistossa. Tässä yksinkertaistetussa esimerkissä sekundaarinen objekti on liikkumaton aikajatkumon eri kerroksilla suhteessa primaariobjektiin.
4. **Aikakerrosten (aikajatkumon) kiintokoordinaatisto**, jonka origona toimii keskiössä olevan objektin (primaariobjektin) geometrinen keskipiste (GK) nykyhetkessä. Mallin nykyhetki on siis kiintokoordinaatiston origossa, josta informaatio loittonee tai ”pinoutuu” aikakerroksittain historiaan.

**4.1. Aikakerrokset**, jotka muodostuvat kiintokoordinaatistoon ovat tallennettua (valo)informaatiota objektien sijainneista ja niiden kautta pystytään kuvaamaan kappaleiden suhteissa tapahtuvia ajallisia ja paikallisia muutoksia. Muutokset tapahtuvat eri aikakerrosten intervallitiloja toisiinsa vertaamalla, aina primaariobjektin avaruuden koordinaatistossa. Aikakerrokset loittonevat (kiintokoordinaatistossa) valoinformaation tapaan nykyhetkestä pois päin – historiaan. Nykyhetki on aikakerrosten kiintokoordinaatiston origossa (GK), ja tarkkailun aloittamishetki löytyy nykyhetkestä loittonneena aikakerrosten uloimmalta kuorelta (0). Aikakerrosten informaation tiheys riippuu tarkkailupisteiden määrästä ja niiden näytteenottotaajuudesta. Esimerkkikuvassa erilaisia ajallisia tiloja on kuvattu kiintokoordinaatiston kolmessa aikakerroksessa (0.Aikakerros, 1.Aikakerros ja Nykyhetki).

Kuvan 14 tilanteessa subjekti katsoo primaariobjektia nykyhetkessä näkökulmansa mukaisesta sektorista. Esimerkissä subjektin tarkkailupisteen keskellä on primaariobjektin geometrinen keskipiste. Primaariobjektin koordinaatistossa sekundaarisesta objektista jäänyt informaatio on myös tallentunut aikakerroksille – antaen tarkkailua tekeväälle subjektille siitä aina sektorinsa mukaisen informaation.

### 3.1.1 Subjektin tarkkailupisteen perspektiivi ja ajallinen sijainti

Subjektilla tarkoitetaan mallissa yhtä tarkkailijaa - tai tarkemmin yksittäistä tarkkailupistettä, josta tarkkaillaan valittua objektia suhteessa ympäristöönsä. Kyse on mallin sisälle asetetusta ”linssistä”, jonka kautta visuaalisesti hahmotetaan kappaleiden fyysisiä ulottuvuuksia ja sijainteja ajassa. Subjektin sijainti primaariobjektin koordinaatistossa määrittää tarkkailun perspektiivin, joka vaikuttaa siihen, miten todellisuus kulloinkin näyttäytyy. Mallissa subjektin näkymä (linssin origo) lukitsee katseensa primaariobjektin origoon (GK) tarkkailusektoristaan, ja alkaa kerätä informaatiota aikakerroksia vastaavalla taajuudella. Subjektin tarkkailun aloitus määrittää informaation keräämisen alkukohdan ja siten 0-aikakerroksen synnyn.



Kuva 15. Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto kaavakuvana: Subjektin tarkkailupisteen valinnan vaikutus havaintoihin, sekä liikkuva sekundaarinen objekti.

Kuvassa 15 on kaksi primaariobjektin vastakkaisille puolille asetettua tarkkailupistettä (1 A ja 1.1 B), joille piirretty näkymät objektin vastakkaisilta puolilta. Tarkkailupisteet sijaitsevat myös



ajankohdallisesti kiintokoordinaatiston (aikajatkumon) eri kerroksilla. Tarkkailupiste A on ajanlaskun syntyhetkelle (0. aikakerros) ja tarkkailupiste B on 1. aikakerroksella. Kun verrataan eri aikakerroksilta saatuja havaintoja sekundaarisen objektin sijainneista primaariobjektin koordinaatistossa, niin voidaan havaita, että sekundaarinen objekti on liikkunut ajan saatossa. Jos tarkastellemme 1. Aikakerroksen tilannetta molemmin puolin, niin voimme havaita tarkkailupisteen A perspektiivin kautta katsottuna, että primaariobjekti on fyysisesti lähinnä tarkkailijaa. Sen sijaan tarkkailupisteestä B katsottaessa sekundaarinen objekti on tarkkailijan ja primaariobjektin välissä. Vastakkaisista tarkkailupisteistä saatu informaatio on erilaista. Sama tapahtuma antaa erilaisen näkökulman riippuen siitä mistä sektorista havaintoja tehdään.

Tarkkailupisteen valinta vaikuttaa konkreettisesti vastaanottamaamme informaatioon ja tilanteen tulkintaan. Mallissa voi olla eri perspektiiveissä ja aikakerroksilla rajaton määrä tarkkailupisteitä, jotka kaikki antavat omanlaisensa näkökulman keskitetyn objektin ja sitä ympäröivien sekundaaristen objektien eri sektoreista.

### **3.1.2 Tarkkailtava objekti ja sen geometrinen keskipiste**

Ajan ja avaruuden alkupiste vaikuttaa siihen, mitä Aristoteles totesi painovoimateoriassaan - "kaikkeuden" keskipiste on olemassa ja sen mukaan absoluuttiset sijainnit ovat tosi. Tämä näkökanta mahdollisti avaruudessa sellaisia absoluuttisia suuntia kuten "alas", "ylös", "oikealle", "vasemmalle", "eteen" ja "taakse". (Hawking 1988, 5.) Näkökanta on maailmankaikkeuden jäsentämisessä nykytietämyksen mukaan vanha, mutta simulointimallissa käyttökelpoinen, jos hyväksytään "kaikkeuden keskipisteen" suhteellisuus, ja että keskipisteen paikkaa voidaan vaihtaa.

Potentiaalisesti mitä tahansa avaruudellista pistettä voidaan pitää "kaikkeuden keskipisteenä". Tämän virtuaalisen mallin puitteissa sen ajatellaan sijaitsevan tarkkailtavan (primaari)objektin sisäisen avaruuden keskellä. Mallissa subjekti voi valita tarkastelemaisensa objektin ja sen keskipisteen sijainnin tarkoituksiinsa sopivan painotuksen mukaisesti. Kutsun mallissa subjektin valitsemaa *absoluuttista* keskipistettä kappaleen *geometriseksi keskipisteeksi* (GK), joka edustaa nykyhetkeä, sekä toisaalta myös tulevaisuuden rajapintaa.

Geometrinen keskipiste on kiintokoordinaatiston absoluuttinen keskipiste (origo), jonka ympärille aikakerrokset kertyvät. Geometrinen keskipiste ja siten kiintokoordinaatisto syntyvät, kun subjekti ensimmäisen kerran alkaa tarkkailla keskiössä olevaa objektia (ollessaan

itse tämän objektin koordinaatiston osoitteena) – tämä on mallissa ajanlaskun syntyhetki (vrt. alkuräjähdyks).

Valittu geometrinen keskipiste muodostaa tarkkailun aloitushetkellä ”ympärilleen” kiintokoordinaatiston, jossa voidaan ajatella olevan suuntia kuten ylös ja alas. Tarkkailupisteellä ja geometrisellä keskipisteellä on näin ollen yhteys, joka vakioi avaruuden suunnat. Objekti, jota tarkkaillaan, toimii lähtökohtaisesti tiedostettavan avaruuden fyysisenä keskipisteenä tai ankkurina. Sen mukaan kaikki muut huomiodut (sekundaariset)objektit, niiden liikkuminen ja aika suhteutuu.

### 3.1.3 Keskitys - aurinko kiertää taas maata

Virtuaalimallin objektit ovat kahta tyyppiä: 1) staattinen *primaariobjekti* ja 2) dynaaminen *sekundaarinen objekti*. Ensisijaisesti tarkkaillaan primaariobjektia, joka on subjektin (linssin) katseen keskikohta. Primaariobjekteja voi olla kerrallaan valittuna vain yksi. Subjektin tarkkailemasta primaariobjektin geometrisesta keskipisteestä muodostuu aika-avaruuden staattisen kiintokoordinaatiston origo (GK). Myös kiintokoordinaatistoon tallennetuissa aikakerroksissa primaariobjekti ja sen origo toimii aina subjektin katseen keskipisteenä ja sekundaariset objektit sijaitsevat primaariobjektin koordinaatistossa. Kiintokoordinaatiston aikajakumossa olevia tallennettuja primaariobjektin intervallitiloja ei tule samanarvoistaa kiintokoordinaatiston fyysiseen nykyhetkessä sijaitsevaan keskipisteeseen (GK), josta uusi valoinformaatio aikakerrokseen kertyy ja loittonee pallon omaisesti joka puolelle. Tulkinta siitä mikä objektin osa kuuluu primaari- tai sekundaariobjektiin on (koneen) käyttäjän päätettävissä/rajattavissa – ensisijasta on primaariobjektin origon sijainti.

Sekundaariobjektit saavat eri aikakerroksilla sijaintinsa primaariobjektin koordinaatiston osoitteina. Sekundaaristen objektien liikkeiden tarkastelu suoritetaan eri aikakerrosten antamia staattisia intervallitiloja keskenään vertaamalla. Sekundaariset objektit – niiden omat ulottuvuudet ja liikkuminen vertautuvat primaariobjektin koordinaatistoon eri aikakerroksilla. Sekundaaristen objektien liikkeet vertautuvat aina primaariobjektin koordinaatiston mukaan. Primaariobjekti on liikkumaton, niin (fyysisessä) geometrisessä keskipisteessä, kuin subjektin näkymissä kiintokoordinaatiston tallennetuilla historiakerroksilla (subjektin katse on aina lukittu tähän primaariobjektin keskipisteeseen sektorinsa mukaan).

Käsitys maailmankaikkeudesta ja sen rakenteesta on mallin kautta suhteellista, vaikkakin tapauskohtaisesti painotettua. Esimerkiksi jos primaariobjektiksi olisi valittu maapallo, niin maapallon geometrisen keskipisteen (origon) ympärille rakentuva koordinaatisto toimisi mallin

kiintokoordinaatistona. Näin aurinkokunnan muut objektit sijaitsisivat sekundaarisina objekteina maapallon (primaariobjektin) koordinaatistossa. Maapallo pysyy näin ollen paikallaan kiintokoordinaatiston origossa, ja muut aurinkokunnan kappaleet liikkuvat suhteessa maapalloon. Aurinko kiertää siis näin asemoidussa mallissa yksiselitteisesti maata.

Kolmevuotias lapsi havainnollisti minulle konkreettisesti keskipisteen valinnan suhteellisuutta ajaessamme yhdessä autolla. Auton liikkeessä eteenpäin lapsi kertoi ”puiden juoksevan” ulkona auton ympärillä. Lapsen (egosentrisen) hahmotuskyvyn kautta hän osasi nähdä itsensä kaiken keskipisteenä, joka pysyy paikallaan muiden kappaleiden liikkeessä (juostessa) hänen ympärillään.

Mallin ensisijaisesti tarkkailtavaa objektia voi myös vaihtaa. Jos subjekti vaihtaa tarkkailupistettä primaariobjektin geometrisesta keskipisteestä sekundaarisen objektin origoon, niin silloin sekundaarinen objekti saa geometrisen keskipisteen (absoluuttisen) aseman ja sen koordinaatisto muodostaa kiintokoordinaatiston. ”Vanha” primaariobjekti esiintyy mallissa nyt yhtenä sekundaarisena objektina, jonka ulottuvuuksia esitetään uuden primaariobjektin koordinaatiston arvoina. Subjektin tarkkailun suunta on nyt siis kohti uuden primaariobjektin keskipistettä. Mallin esittämä informaatio järjestyy tarkkailijalle nyt uuden primaariobjektin mukaan. Jos primaariobjekti olisi nyt taas maapallon sijaan aurinko, niin maapallo kiertää taas aurinkoa. Jos autoa ajaessamme primaariobjektiksi valitaan maapallo, niin näyttäisi puut pysyvän paikallaan ja auto liikkuu.

Tarkkailupisteen vaihtamisen ansiosta voimme havaita suuriakin näkemyseroja siinä miten ilmiöt eri perspektiivistä kulloinkin näyttäytyvät. Eron huomaa varsinkin silloin, jos seurataan jotakin ilmiön rajapintaa kahden tai useamman eri keskipisteen kannalta.

### ***Keskityksen painotus informaation tulkinnassa***

Absoluuttisen keskipisteen sijainnilla on vaikutusta informaation keräämisen ja sen tulkinnan painotuksessa. Kun primaariobjekti pysyy liikkumattomana tarkkailun kohteena, niin näin ollen kaikki havaitut tapahtumat (muutokset) vertautuvat enemmän tai vähemmän sen kautta tulkittuna. Mallin kaikkien muiden objektien (sekundaariset objektit) relaatiot liittyvät valittuun primaariobjektiin. Subjektin rajauksen mukaan havaintojen ulkopuolelle jää kaikki se, mihin primaariobjektilla ei havaita olevan relaatiota – koneen käyttäjän valintojen ja kerätyn informaation määrän mukaan. Subjekti voi tarkastella mallissa sitä, kuinka primaariobjekti tai ”olio” kehittyy aikajatkumossa. Voimme siis suhteuttaa kaiken saatavilla olevan tietämyksen yhden pisteen olemassaoloon. Maa kiertää aurinkoa tai aurinko maata. Kun pystymme

näkemään asioita jonkin toisen pisteen kautta (kerätyn informaation rajoissa), niin oletusarvoisesti samaistumisemme syvenee tämän pisteen edustamaa ”järjestystä” kohtaan. Keskityksen ansiosta voimme mahdollisesti havaita, minkä objektin kautta saamme eniten tietoa tutkitusta ilmiöstä, tai vaihtoehtoisesti voimme löytää pisteen, joka on ainakin näennäisesti eristäytynyt muista.

Sosiaalisesti tulkiten voimme ajallispaikallisesti havaita, että minkä tahon lähtökohdista ”todellisuus” on kulloinkin eniten rakentunut.

### **3.1.4 Kiintokoordinaatiston aikakerrokset**

Virtualisointimallin aikakerrosten kertymässä (kiintokoordinaatistoon) voidaan käyttää aikaskaalana vuodenaikojen syklisyyteen ja/tai jatkuvaan aikaskaalaan perustuvaa aika-asteikkoa.

Mallissa ajan eteneminen ja sen visualisointi perustuu konseptuaalisesti valon etenemiseen. Primaariobjektista ”pinoutunut” valoinformaatio muodostaa kiintokoordinaatistoon aikajatkumon. Valitun primaariobjektin geometrisesta keskipisteestä loittonee (valo)informaatiota tähtien valosäteilyn tapaan ulommaksi (vrt. aikajatkumon menneisyyden valokartio). Menneisyys loittonee kiintokoordinaatistossa nykyhetkestä kiintokoordinaatiston ulommille ajallisille kerroksille. Ajannuoli osoittaa vastakkaiseen suuntaan – subjektin tarkkailun suuntaan ja kohti primaariobjektin (fyysistä) geometristä keskipistettä, eli nykyhetkeä ja tulevaisuutta kohti<sup>5</sup>.

Mallissa ajanlaskun nollapisteen määrittää subjekti aloittaessaan tarkkailla primaariobjektin geometristä keskipistettä. Primaariobjektin geometrinen keskipiste toimii paitsi kiintokoordinaatiston origona, niin myös ajanlaskun nollapisteen lähtöpaikkana. Tarkkailun (tiedon keräämisen) aloittamishetkellä tapahtuu luodun mallin ”kosmoksen alkuräjähdyks”, jolloin ajannuoli aloittaa myös matkansa kohti ”räjähdyspistettä”. Alkuräjähdyksen hetki (0) siirtyy tarkkailun aloittamisen jälkeen aikajatkumon uloimmalle kerrokselle ja muodostaa näin ollen aikajatkumoon ensimmäisen aikakerroksen.

---

<sup>5</sup> Ajannuoli osoittaa uloimmalta aikakerrokselta kohti kiintokoordinaatiston geometristä keskipistettä (origoa). Tulevaisuus tapahtuu siis mallissa kiintokoordinaatiston ytimessä. Virtuaalimalliin tallennettujen havaintojen perusteella - ajannuolen suoruudesta tai kaarevuudesta - voitaisiin teoriassa havaita suurten massojen vaikutus aikajatkumoon.

Teoriassa tapahtumat voivat tallentua aikajatkumoon valoinformaation tiheydellä - tapahtumien maksimaalisella tunnetulla nopeudella. Käytännössä mallin aikakerrosten tiheyttä määrittää kuitenkin tiedon keräämisen taajuus ja tallennuskapasiteetti.

### ***Tarkasteltava ajanjakso ja tarkastelun ajankohta***

Kiintokoordinaatisto on siis absoluuttinen ja liikkumaton. Ajan edetessä informaatiomäärä siinä kuitenkin lisääntyy, koska nykyhetkessä oleva geometrinen keskipiste luo (potentiaalisesti) uutta valoinformaatiota ja kasvattaa aikajatkumon kokoa. Virtuaalisesti toimivassa koneistossa tarkkailija voi liikkua aikajatkumon aikakerroksissa, välillä: 0- aikakerros – nykyhetki (GK) ja suorittaa tarkkailupisteiden mukaista informaation vertailua tällä välillä. Primaariobjektia tarkkaileva subjekti voi siis vaihtaa ajallista lokaatiotaan mallin kiintokoordinaatistoon tallennetuissa aikakerroksissa. Teoriassa jokainen aikakerros tarjoaa (kerätyn tiedon rajoissa) täydellisen staattisen tapahtumakuvan tarkkailtavasta objektista ja sen ympäristöstä.

### ***Liike koordinaatistossa ja ajallisissa kerroksissa***

Sekundaaristen objektien liike näkyy, kun verrataan niiden sijaintia primaariobjektin koordinaatistossa eri aikakerrosten välillä. Liikkeen määrä – pieni tai suuri - suhteessa primaariobjektin origoon voi indikoida sen merkittävyyttä suhteessa primaariobjektiin – riippuen siitä, mitä halutaan tietää. Liikkeen havaitsemiseen ajassa tarvitaan minimissään tietoa kahdelta eri aikakerrokselta, toisin sanoen yksi intervallisiirtymä. Tallennettujen tapahtumatilojen välistä muutosta kutsutaan siis intervalliksi. Eri aikakerrosten informaatio näyttää ilman intervallisiirtymiä staattiselta. Havaittu liike tapahtuu, kun sekundaarinen objekti liikkuu intervallien välillä aikajatkumossa yhdestä primaariobjektin koordinaatiopisteestä toiseen. Subjektin ensisijaisesti tarkkaileman primaariobjektin muutosten tulkinnessa käytetään apuna sekundaaristen objektien liikkeiden havaitsemista.

Tässä yhteydessä viitataan erityisesti geometrysten kappaleiden ajallis-paikalliseen liikkumiseen, mutta teoriassa mallilla on mahdollista tarkastella myös erilaisten sosiaalisten merkitysten ja arvojen muuttumista ympäristössä.

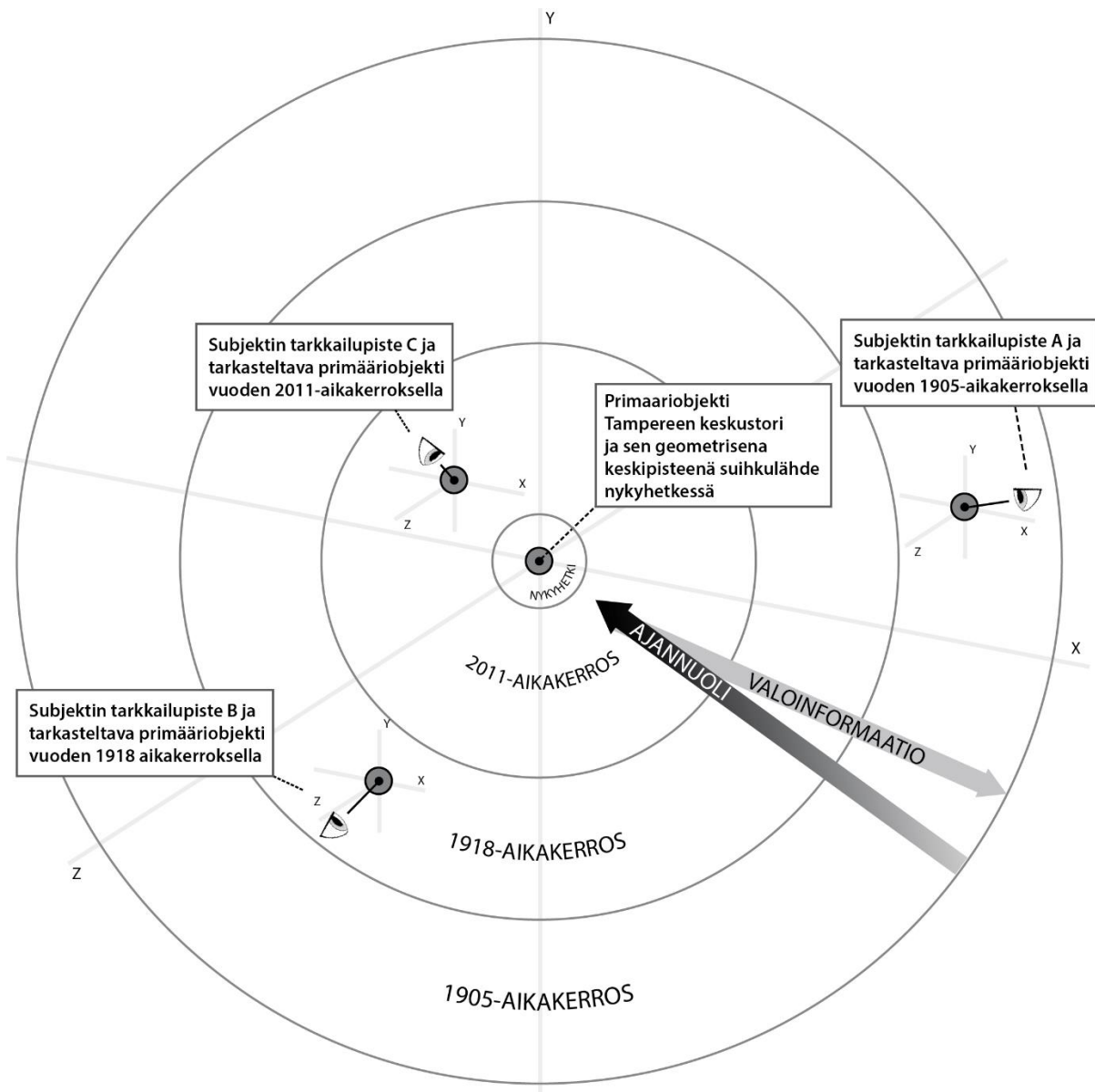
## **3.2 Mallin toiminnallisuus esimerkin kautta**

Ajan virtualisointimalli on avaruudellinen. Kolmiulotteisessa ajallisia tasoja sisältävässä ympäristössä mallia olisi mahdollista tarkastella kokonaisvaltaisesti. Näin mallin käyttäjä voisi itse liikkua sen sisällä subjektina ja tarkastella valitsemaansa primaariobjektia ja siihen suhteutuvia sekundaarisia objekteja ajan eri kerroksilla.

Mallia voi kuitenkin käyttää kaksiulotteisessa mediassa, kun tarkastellaan A) koko mallia kaavakuvana ”lintuperspektiivistä” ja/tai tämän antamaa ajallispaikallisen lokaation mukaista B) yksittäistä näkymää subjektin tarkkailupisteestä.

### **3.2.1 Esimerkki A. Malli kaavakuvana ”lintuperspektiivistä”**

Kuten jo aikaisemmin todettua, niin kaavakuvassa voidaan nähdä läpileikkaus virtuaalisen mallin rakenteesta. Tarkastelevan subjektin näkökulmaa ja itse objektin avaruutta voidaan havainnoida näin vain lähinnä viitteellisesti. Tarkkailijan - subjektin käyttämän linssin perspektiivin sijaan mallia katsotaan kaavakuvassa siis mallin käyttöön kuulumattoman näkökulman mukaan. Näkökulma on näin ollen ”lentävän linnun silmin” tai kolmannen persoonan kuvakulma. Seuraava esimerkkikuva (16) pohjautuu Tampereen Keskustorin näkymään kolmesta eri geometrisesta sektorista, jotka sijaitsevat myös kolmessa eri aikakerroksessa.



Kuva 16. Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto kaavakuvana. Subjektin näkymä Tampereen Keskustorille kolmesta eri kuvakulmasta, kolmella eri aikakerroksella.

Kuvassa 16 tarkastellaan Tampereen Keskustoria kolmesta eri sektorista (A, B ja C), joista jokainen sijaitsee myöskin eri aikakerroksella:

1. **Subjektin tarkkailupisteet A, B ja C.** Subjektin tarkkailuperspektiivin sijainti primaariobjektin koordinaatistossa määrittää geometrisen/fyysisen näkökulman ja kiintokoordinaatisto-osoite määrittää historiallisen ajankohdan.
2. **Primaariobjektiksi on valittu Tampereen keskustori.** Sen geometriseksi keskipisteeksi on valittu suihkulähde, joka sijaitsee Keskustorilla raatihuoneen edessä. Se toimii siis myös primaariobjektia ympäröivän xyz-avaruuden origona jokaisella eri

aikakerroksella. Primaariobjekti ja sitä ympäröivä avaruus näkyvät eri aikakerroksilla itsenäisinä staattisina tapahtumatiloina.

3. **Sekundaarisina objekteina toimivat torilla olevat rakennukset ja ihmiset**, jotka muokkaantuvat ja vaihtuvat ajan saatossa.
4. **Mallin sisäinen kiintokoordinaatisto** on kuvassa nähtävillä kehinä. Sen absoluuttinen keskipiste on oletuksena primaariobjektin geometrinen keskipiste nykyhetkessä.
5. **Aika/valo.**
  - **Ajannuolen suunta**, joka kulkee kohti mallin geometrsta keskipistettä Tampereen Keskustorin suihkulähdettä – kohti nykyhetkeä ja tulevaisuutta.
  - **Ajalliset kerrokset ja intervallivälit.** Esimerkissä on kuvattu subjektin linssin ajallinen lokaatio kolmessa eri aikakerroksessa: 1905 Suurlakon aikaan, 1918 Kansalaissodan aikaan ja 2011 Suomen voittaessa MM-kultaa jääkiekossa.

### 3.2.2 Esimerkki B. Näkymä subjektin tarkkailupisteestä

Seuraavassa on ”koneen” käyttäjän näkymä. Edellistä esimerkkiä voidaan tarkastella valituista subjektin tarkkailupisteistä A, B ja C – niiden kolmesta eri ajallisesta ja paikallisesta lokaatiosta.



*Kuva 17. Keskustorilla tapahtuu. Subjektin näkökulma kolmesta eri tarkkailupisteestä – ajassa ja tilassa. Primaariobjektin origo näkyy suihkulähteen päällä.*

Kuvassa 17 on ”lintuperspektiivi-” esimerkin (kuva 16) tilanne tarkkailevan ”subjektin näkökulmasta” toisin sanoen koneen linssin läpi. Koneen antamassa perspektiivissä primaariobjektin keskipiste on aina näkökulman keskellä (Keskustorin suihkulähte). Esimerkissä on näkymä kolmesta eri tarkkailupisteestä, kolmessa eri ajassa Tampereen keskustorinäkymään ja kohti suihkulähdettä. Kuvissa näkyvät mallin primaariobjektina tori ja geometriseksi keskipisteeksi valittu suihkulähte. Kiintokoordinaatiston aikajatkumo



muodostuu siis suihkulähteen ympärille. Keskustoria ympäröivät sekundaariset (muut) objektit – ihmiset ja rakennukset.

- **Subjektin tarkkailupiste A.** Suurlakkolaisia Keskustorilla (ent. Kauppatori) vuonna 1905.
- **Subjektin tarkkailupiste B.** Kansalaissodan vangit Keskustorilla 1918.
- **Subjektin tarkkailupiste C.** Jääkiekon maailmanmestaruuden juhlintaa 2011, yksilöt erottuvat ajan hengen mukaan.

Primaarikohdetta tarkastellaan esimerkin asetelmassa nykyajasta käsin. Jos puhutaan pelkästään kappaleiden liikkumisesta tilassa, niin pystymme tulkitsemaan havaintomme suhteellisen objektiivisesti käyttäen geometrista ja matemaattista tietämystä tulkintojen tekemisessä (vaikkakin nämäkin välineet ovat tulkinnanvaraisia).

Sosiaalisia ilmiöitä tulkitessamme emme kuitenkaan osaa helposti irtautua tämänpäivän tietämyksestämme. Tarkastelemmekin siis esimerkin kuvia (1905, 1918 ja 2011) tavallaan nykytietämyksemme rakentaneen suodattimen (linssin) läpi. Voimme kuitenkin kohtuullisen objektiivisesti nykytietämykseen nojaten todeta kolmea kuvaa vertaamalla ainakin muutoksia Tampereen ”meiningissä”. Sosiaalisena lyhyenä tulkintana voidaan todeta suurlakon saaneen aikaan suomalaisten yhteisen nousun vallitsevia voimia vastaan, Kansalaissodan jakaneen kansan kahteen leiriin ja 2000-luvun kiekkohuuman luovan yhteisen ja monia ihmisiä yhdistävän tunnelman.

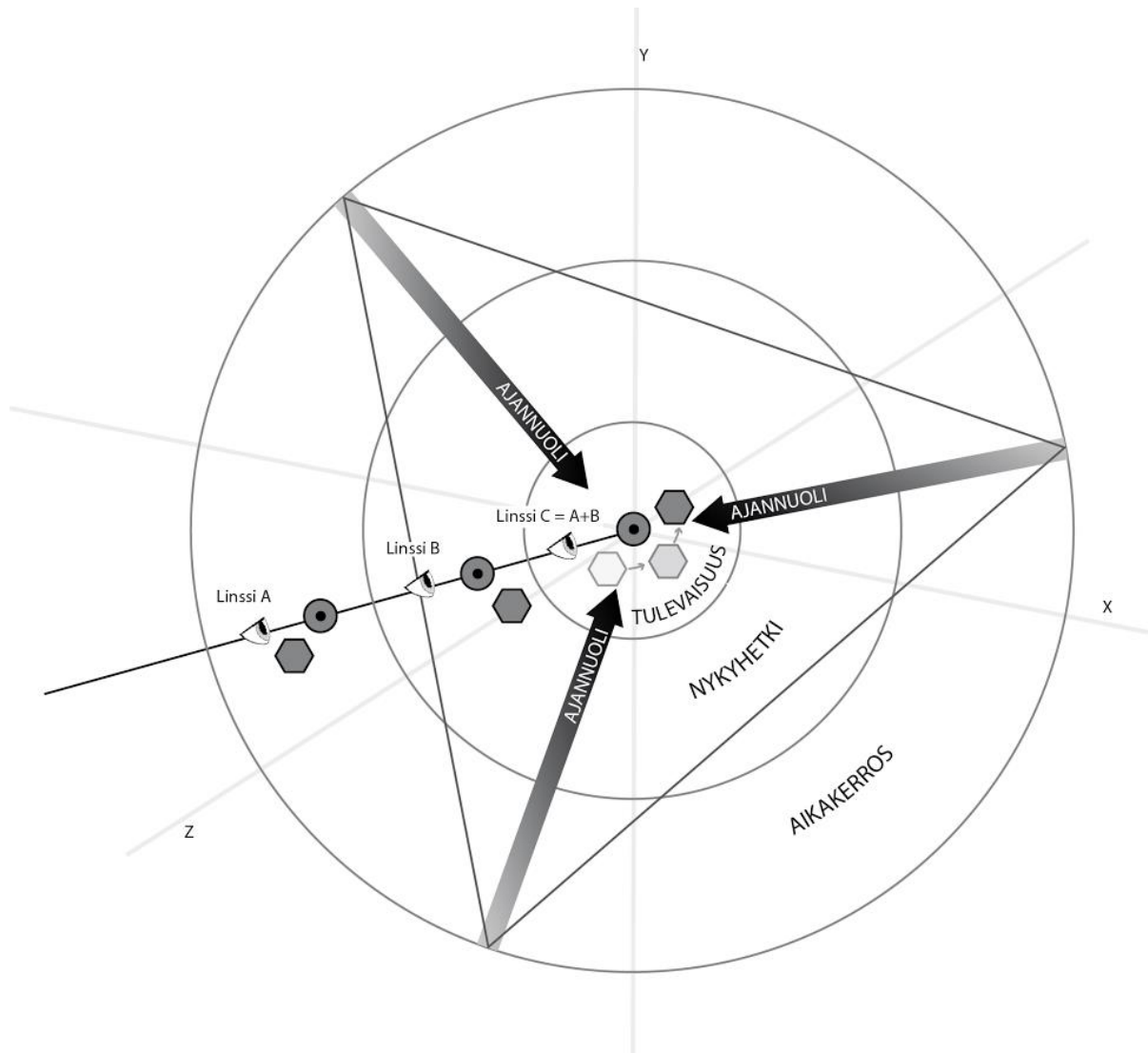
### **3.2.3 Ajallisen linssin valinta – tiedon vertailu**

Subjektin tarkkailupisteen voi määrittää mallissa (kerätyn informaation puitteissa) haluamalleen aikakerrokselle. Subjektin tarkkailupisteen ajallinen sijainti määrittää aikakerroksen, jossa havaintoja tehdään. Havaintoja voidaan kuitenkin tulkita myös toisen ajan tietämyksen perusteella, jonka mukaan voidaan rakentaa tulkinnassa käytettävä ”suodatinlinssi”. Suodatin tarkoittaa aikaisemmista aikakerroksista tietämykseksi opittua muutokuviota (ja tavallaan tämän hetken tietämyksestä luopumista). Linssi voidaan ”irrottaa” ja sovittaa johonkin toiseen lokaatioon ja/tai aikakerrokseen. Esimerkiksi objektien kineettistä liikettä tarkastellessa aikaisemmilla aikakerroksilla havaitusta liikeradasta voidaan ennakoida liikkeen suuntaa jossain toisessa ajallisessa tilanteessa.

Linssin rakentamisessa tarvitaan vähintään kahden staattisen tapahtumatilan välinen intervallijakso, toisin sanoen opittu muutokuvio. Linssiin ”koodataan” kaikki

primaariobjektin koordinaatistossa tapahtuvat muutokset – tarvittaessa mallin ensimmäisestä aikakerroksesta lähtien ja tullen jopa nykyhetkeen saakka halutun objektin ympärillä (0. aikakerros, 1. aikakerros, nykyhetki). Linssi muodostuu siis objektin aikakerroksista, jonka ”läpi” katsotaan toisen lokaation ja/tai ajankohdan tapahtumia.

Ajassa tapahtuvia ilmiöitä ei siis aina tarvitse tulkita tämän hetken (viimeisen) tietämyksen varassa, vaan tulkinnassa voidaan käyttää jo hyväksi opittuja tulkintamalleja, konteksteja ylittäviä tulkintoja tai jopa kääntämällä linssi ympäri tulkiten tilanteita ajallisesti toisen suunnan antaman muutoskuvion mukaan.



Kuva 18. Linssin rakennus ja käyttö tulevaisuuden ennakoinnissa.

Kuvassa 18 ennakoidaan sekundaarisen objektin liikettä tulevaisuudessa kahden tunnetun aikakerroksen tietämyksen perusteella. Suodatinlinssi C muodostuu linssi A:n ja linssi B:n välillä havainnoidusta ja opitusta tietämyksestä (muutoskuviosta). Yleisesti voisi olettaa, että

mitä kattavammin objektin eri sektoreista ja ajallisilta kerroksilta pystytään keräämään/omaksumaan informaatiota, niin sitä varmemmaksi kiintokoordinaatiston tulevaisuuden (laskennallinen) ennakointi tulee.

### ***Visio sosiaalis-kulttuurisesta suodattimesta***

Aineettomia ideoita ja sosiaalisia vaikutteita tai niiden leviämistä ei ole ongelmattomasti kuvata mallissa fyysisten kappaleiden tapaan. Niille voidaan kuitenkin määrittää kvantitatiivisten tutkimusmetodien mukaisesti numeerisia muotoja virtuaalisessa aikajatkumossa.

Mallissa käytettävänä arvoina voitaisiin yksinkertaisuudessaan käyttää esimerkiksi sosiaalisen ilmiön ensimmäisen ilmenemisen ajankohtaa, maantieteellistä fyysistä levinneisyyttä aineiston mukaisilla aikakerroksilla, sekä minimissään toista ajankohtaa ilmiön havaitsemisesta, jotta tilojen intervallimuutos voitaisiin rekisteröidä. Näin sosiaalisista ilmiöistä voitaisiin nähdä aikajatkumossa ”muotoja”, joita voidaan virtualisoida ajassa ja avaruudessa samaan tapaan fyysisten kappaleiden kanssa. Periaatteessa mille tahansa ilmiölle voitaisiin mallintaa saatavilla olevien tietojen perusteella omanlaisensa virtuaalinen (mallinnettu) muotonsa. Näin ilmiöitä voisi tarkastella ja vertailla kolmiulotteisina objekteina aika-avaruudessa.

Tyypillisesti tarkastelemme historian sosiaalisia ilmiöitä nykyhetken tietämyksemme perusteella. Teoriassa, käytettävissä olevien aineistojen puitteissa virtuaaliseen malliin voisi esimerkiksi rajata jonkin historiallisen henkilön ajallisaikallisen kognitiivisen kokemusmaailman. Voisimme tällöin ainakin viitteellisesti arvioida hänen tietämysmaailman tuomien näkökantojen mukaan nykyajan tapahtumia - ilman ”taakkaa” nykyhetkessä sidoksissa olevista ennakkoasenteista. Tämänkaltaisen ilmiöiden tulkinta voisi tarjota innovatiivisia vaihtoehtoisia ratkaisuja. Voisimme esimerkiksi rakentaa nykyistä kulttuuriamme kyseenalaistavan ”kriittisen suodattimen” ja tulkita sen mukaan kuvan 17C näkymää. Sen perusteella kenties voisi nähdä kuvassa symbolisen sodankäynnin voitonjuhlat ja yhden version ”leivästä ja sirkushuveista”, jolla viedään suhteettomasti aikaa ja huomiota yhteiskunnallisten haasteiden pohdinnalta.

## 4 Virtuaalimallin testaaminen

Virtualisointimallin tavoitteena on yleispätevyys ja sovellettavuus. Testaan sen toimivuutta tulkitsemalla sen kautta olemassa olevia teknisiä sovelluksia. Hypoteesini on, että mallilla voi selittää sovelluksia, jotka visualisoivat aikaa ja avaruutta. Mallin tarjoamaa rakennetta voisi mahdollisesti hyödyntää joidenkin ajallisaikallisten sovellusten kehittämisessä.

### 4.1 Testattavat sovellukset

Esittelen seuraavassa yleisesti kolme sovellusta, joita tulkitSEN sitten virtuaalisen mallin kautta. Tarkastelen 1) *GPS-paikannusta kartalla*, 2) *Google Earth-sovellusta* ja 3) *Google Earth Engine-palvelun intervallikuvaesitystä*<sup>6</sup>. Valittujen sovellusten kautta korostuvat hieman eri osa-alueet mallin toiminnasta. GPS-paikannuksessa korostuu primaariobjektin keskityksen merkitys, Google Earth havainnollistaa mallin toiminnallisuutta kolmiulotteisessa ympäristössä ja Google Earth Enginen intervallikuvaesitys havainnollistaa sekundaaristen objektien muutoksia.

#### 4.1.1 GPS-paikannus ja kartat

GPS on lyhenne sanoista Global Positioning System (suom. maailmanlaajuinen paikallistamisjärjestelmä). Sen avulla päätelaitteen sijainnin pystyy paikallistamaan kartalla suhteessa sijaintiin luonnossa. GPS:n kehitystyö aloitettiin 1970-luvun puolivälissä. Tarkoituksena oli luoda tarkka, reaaliaikainen ja yksisuuntainen satelliitteihin perustuva paikannusmenetelmä. Järjestelmä koostuu kolmesta toiminnallisesta segmentistä, jotka ovat kontrolliverkko, avaruus- ja käyttäjäosa. (Wikipedia 2013d.)

Kiinteässä maapallon koordinaatiston mukaisessa kontrolliverkossa tarkkaillaan satelliittien tilaa, ratoja ja toimintoja. Kontrolliverkko kertoo satelliittien tarkan sijainnin maapallon koordinaatistossa. Kontrolliverkon päävalvontakeskus sijaitsee Yhdysvalloissa, Coloradossa. Valvontakeskuksen lisäksi päiväntasaajan tuntumassa sijaitsee neljä tarkkailuasemaa. (Wikipedia 2013d.)

Avaruussegmentin muodostavat satelliitit. Satelliitteja on 24 kappaletta, ja ne kiertävät maapalloa noin 20200 km:n korkeudessa. Jokainen satelliitti kiertää maapallon kaksi kertaa

---

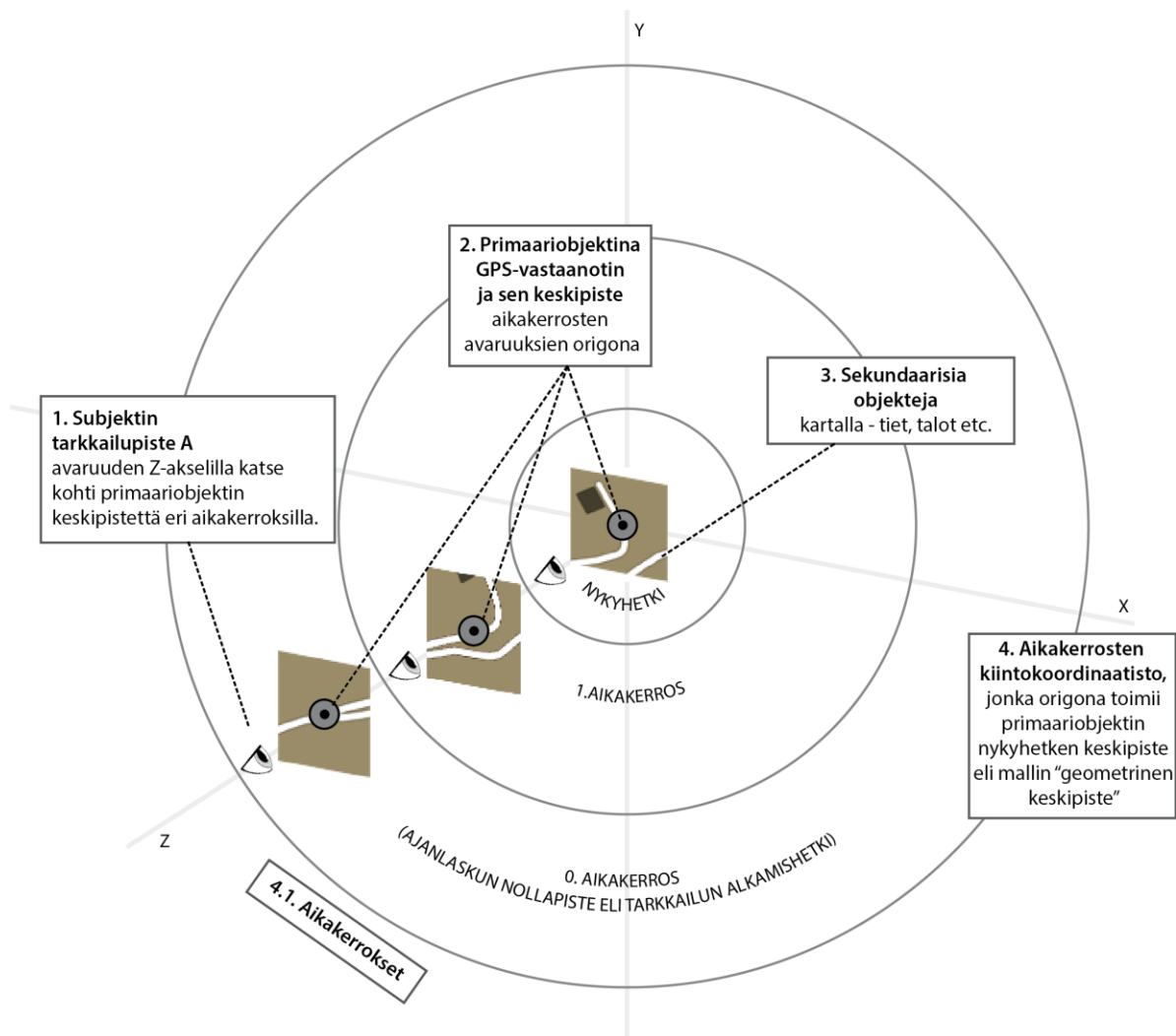
<sup>6</sup> Google Earth Engine (<https://earthengine.google.org>). Sovellusta on käytetty maapalloa ja sen ilmastoa koskevan tieteellisen tutkimuksen tiedon visualisoinnissa ja analysoinnissa.

vuorokaudessa ja lähettää jatkuvasti signaalia, joka sisältää sateliitin sen hetkisen sijainnin ja kyseisen signaalin lähetysajan. (Wikipedia 2013d.)

Käyttäjöiden muodostavat miljoonat GPS-vastaanottimet. GPS-vastaanotin vastaanottaa satelliiteista lähetettyjä signaaleja. GPS-paikannus perustuu siihen, että satelliitit lähettävät atomikellon ajan ja kontrolliverkosta tarkistetun navigaationsignaalin, jonka GPS-laite vastaanottaa. Kun satelliittien sijainti kontrolliverkon kautta tunnetaan, niin eri satelliiteista vastaanotettujen signaalien aikaeron avulla vastaanotin kykenee laskemaan oman sijaintinsa maapallon koordinaatistossa. GPS-laite vastaanottaa signaalia samanaikaisesti useasta satelliitista. Tulkittavia satelliitteja tulee olla vähintään neljä, sillä päätelaitteen kello ei ole tarkka kuten satelliittien atomikellot. Päätelaitteen kellon ja todellisen ajan ero (kellovirhe) täytyy asettaa yhtälöissä tuntemattomaksi, jolloin tarvitaan vähintään neljän yhtälön ryhmä, jotta ratkaisu on yksikäsitteinen – tämä tarkoittaa käyttäjöiden vastaanottimen paikannustiedon tarkkuutta. (Wikipedia 2013d.)

Satelliiteista saadut ja vastaanottimessa lasketut GPS-paikannustiedot projisoidaan sovelluksen karttakoordinaatistoon, ja siten käyttäjälaite löytää sijaintinsa karttapohjalla. GPS-segmentit keskittävät käyttäjän GPS-laitteen käytettävän paikannussovelluksen karttapohjan keskelle. Näin ollen GPS-laitteesta tulee objekti, jonka mukaan karttasovellus piirtää karttaansa. Paikannuksesta kertyvää ajallisaikallista informaatiota keräämällä GPS-laitteen sovelluksella voidaan esittää myös paikannetun objektin kartalla kulkemia reittejä.

## GPS-paikannus virtualisointimallin kautta tulkittuna



Kuva 19. GPS-paikannussovelluksen toiminnallisuus esitettynä virtualisointimallin kaavakuvan avulla.

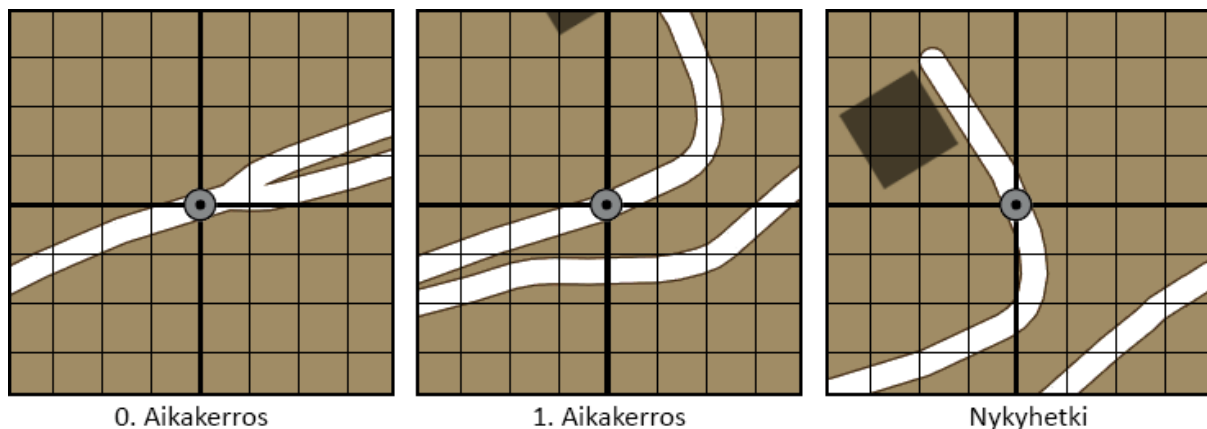
Kun paikannussovellus käynnistetään, niin sen aikajatkumon ajanlasku alkaa (0. Aikakerros). GPS-sovellukset tarjoavat (vain) yhden kuvakulman aikajatkumossa – joka on tulkinnallisesti katsoen suoraan paikannetun kohteen yläpuolelta. Sovellus merkitsee käyttäjän vastaanottimen sijainnin nykyhetkessä pisteeksi keskelle näyttöä, jonka pohjana näkyy karttanäkymä. Tämä GPS-paikannettu piste toimii kiintokoordinaatiston geometrisena keskipisteenä.

Sovellus voi tarkoitukseen sopivalla intervallitiheydellä tallentaa sijainti-informaatiota laitteen muistiin. Näin se voi nykyhetken sijainnin ilmaisun lisäksi piirtää karttapohjalle aikajatkumossaan kuljettua reittiä.

GPS-paikannuksessa seurattavan kohteen tulkitaan usein liikkuvan kartalla – kartan koordinaatistossa. Keskitetyn mallin avulla voimme tulkita seurattavan kohteen kuitenkin pysyvän paikoillaan ja muutosten (liikkeen) tapahtuvan GPS-paikannetun kohteen ympärillä.

Teknisesti GPS-paikannussegmentit pitävät huolen siitä, että GPS-paikannettu kohde (primaariobjekti) on aina sovelluksen keskiössä.

Voidaan siis ajatella, että kartta ja siihen merkityt sekundaariset objektit (tiet, talot jne.) ovat liikkeessä primaariobjektin pysyessä paikoillaan. Sovelluksen käyttäjän kannalta katsottuna sijaintitiedot tallentuvat aikajatkumon aikakerroksille aina GPS-paikannetun pisteen koordinaatiston mukaan.



Kuva 20. GPS-paikannussovellus objektikeskeisen mallin kautta kuvattuna - subjektin näkymät kolmessa eri aikakerroksessa.

Kuvassa 20 voimme havaita edellisen kuvan (kuva 19) tallentuneen informaation subjektin näkökulman kautta, syvyys-akselilla. Näkymä havainnollistaa karttapohjan liikkumisen ja objektikeskeisyyden merkityksen tiedon kertymisessä. Primaariobjekti on eri aikakerrosten näkymissä aina sovelluksen keskellä.

### ***Virtualisointimallin peruselementit GPS-paikannussovelluksessa***

1. Subjekti – tarkkailija - katsoo mukana kantamaansa GPS-laitteen näyttöä. Hän määrittää, milloin sovellus kytketään päälle ja/tai pois päältä. Hänen katseensa on sovelluksessa kohdistettu primaariobjektiin – tulkinallisesti primaariobjektin koordinaatiston syvyys-akselilta suoraa alaspäin siten, että karttapohja näkyy kaksiulotteisesti kohteen alla.
2. Tarkasteltava primaariobjekti on GPS-paikannettu piste, joka symbolisoi laitteen käyttäjää kartalla.
3. Sekundaarisina objekteina toimii karttapohja: tiet, talot ja muut karttamerkit.

4. Sovelluksen käynnistyessä GPS-paikanettu piste alkaa toimia geometrisena keskipisteenä ja synnyttää kiintokoordinaatiston, johon aikakerrokset pinoutuvat aikajatkumoksi.

GPS-paikannussovelluksen toiminta on simuloitavissa objektikeskeisellä visualisointimallilla, kun tarkasteltavaksi primaariobjektiksi valitaan GPS-paikannettu piste.

Mallissa tarkkailun keskipisteeksi määritettyä primaariobjektia on mahdollista myös vaihtaa. Esimerkiksi GPS-paikannustietoja voitaisiin kerätä kollektiivisesti jos pidetään GPS-kontrolliverkon edustamaa maapalloa mallin primaariobjektina – tämä voisi tarjota mahdollisuuden paikannettujen kohteiden (älykkäiden laitteiden) tietojen kertymisestä ja hyödyntämistä yhteisen keskipisteen ympärillä.

#### **4.1.2 Google Earth ja historialliset kartat**

Google Earth on nykypäivän teknologinen 3D-sovellus pöydällä jalustallaan seisovasta karttapallosta. Se yhdistää satelliitti-, ilma- ja katutason valokuvia, sekä paikkatietoja muodostaen maapallosta kolmiulotteisen mallinnuksen. (Wikipedia 2012.)

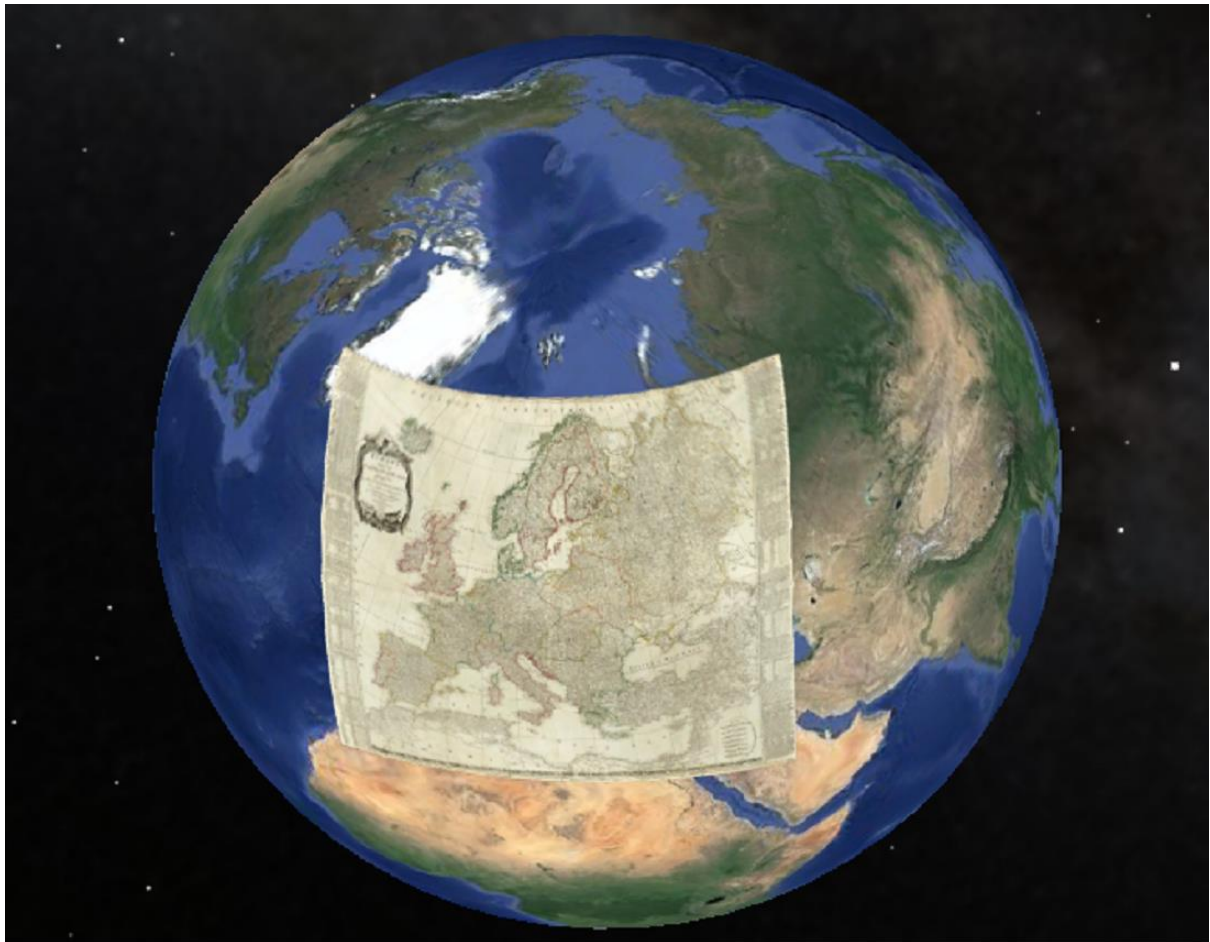




Kuva 21. Kuvakaappaus Google Earth sovelluksen maapallosta. Tampere on kuvan keskellä (Google 2015).

Sovelluksen kuva-aineisto on heijastettu pallopinnalle, josta syntyy näin virtuaalinen maapallo, jota käyttäjä voi pyöritellä tietokoneen ruudulla kolmiulotteisesti. Tarkastelukorkeutta (kartan mittakaavaa) voidaan säätää. Sovelluksen maapallon pinnalle on mallinnettu myös korkeuserot. Sovelluksessa tarkkailun keskipisteenä toimii oletuksena maapallo ja sen ydin. Käyttäjä voi katsoa maapalloa kaukaa avaruudesta, tai hän voi laskeutua sen pinnalle, katutasolle.

Google Earthin tarkkailupisteen sijaintia voi muuttaa. Katselukulmaa voi kääntää portaattomasti myös maan pinnan kanssa vaakatasoon – tällöin esimerkiksi vuoristojen syvyysvaikutelma säilyy sovelluksen korkeusmallintamisen ansiosta. Sovellukseen on liitetty myös Googlen ylläpitämä karttasovellus *Google Maps*, jolla käyttäjä voi suunnitella reittejä haluamiensa kohteiden välillä ja yhdistää sovellukseen GPS-paikantimen. (Wikipedia 2012.) Google Earth ja Google Maps ovat ajan myötä lähentyneet ja integroituneet toisiinsa.

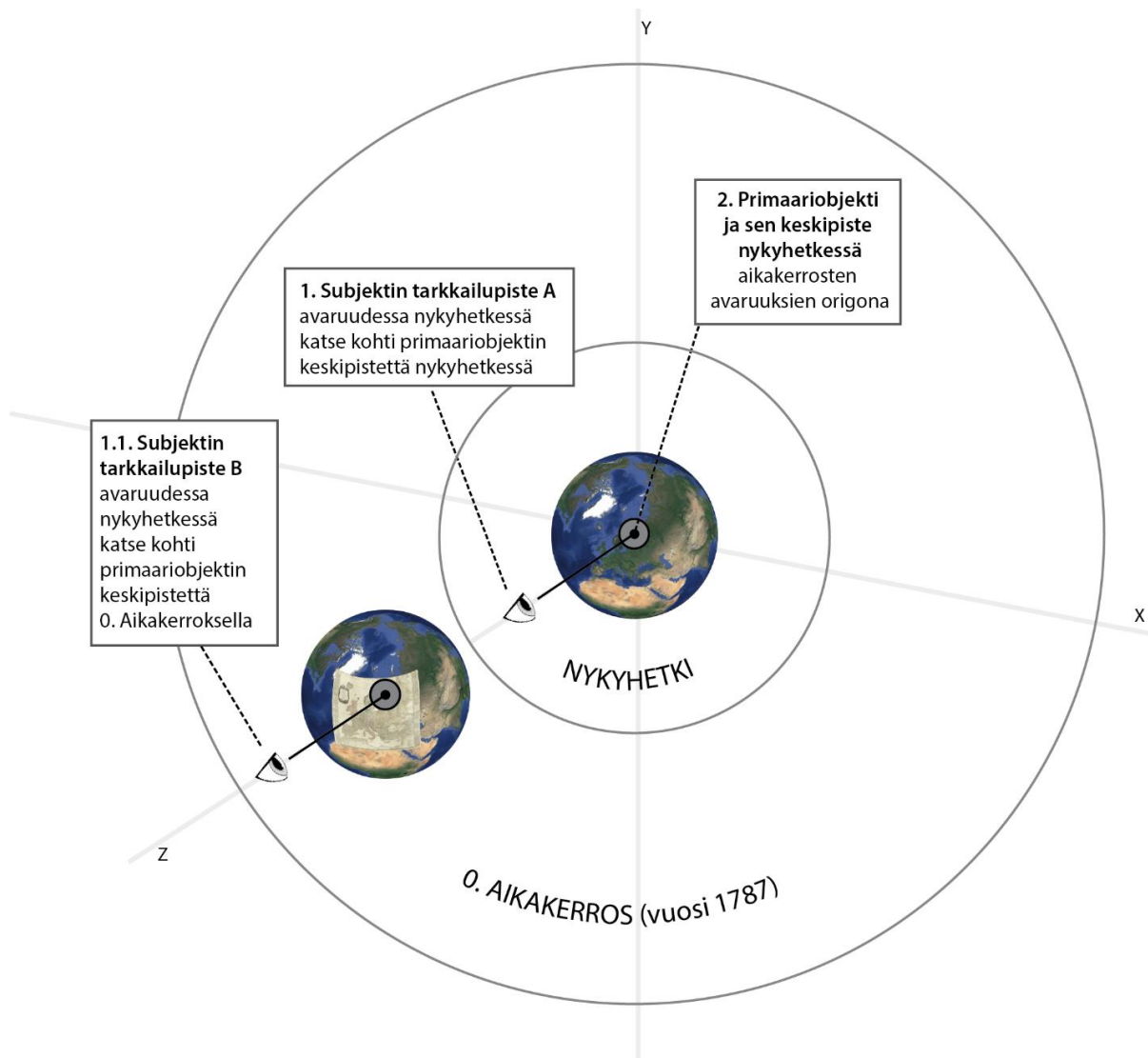


Kuva 22. Historiallinen Euroopan kartta vuodelta 1787 karttatasona Google Earth maapallon päällä. (David Rumsey – Map collection 2015).

Google Earth-mallin päälle voidaan liittää myös erilaisia karttatasoja - esimerkiksi historiallisia kartoja valikoiduista kohteista. Kuvassa 22 Google Earth maapallon päällä esitetetään oikeassa mittakaavallisessa suhteessa Euroopan kartta vuodelta 1787.

### ***Google Earth virtualisointimallin kautta tulkittuna***

Google Earth on luonteeltaan kolmiulotteinen, ja se mahdollistaa virtualisointimallin sovelluksen monipuolisesti. Käyttäjä voi valita tarkkailupisteensä vapaasti ”ilmassa leijuen” maapallon koordinaatistossa. Hän voi siis keskittää näkymää tarpeittensa mukaan. Virtuaalisen mallin puitteissa täytyy kuitenkin muistaa, että kun katseen kohteena oleva keskipiste vaihtuu, niin tarkoittaa tämä primaariobjektin muuttumista toiseksi. Google Earth sovelluksessa oletuskeskityksenä on maapallo ja sen origo (GK).



Kuva 23. Google Earth-sovelluksen (historialliset kartat) toiminnallisuus esitettynä virtualisointimallin kaavakuvan avulla.

Kuvassa 23 on oletuskeskityksen sijaan valittu primaariobjektiksi Tampereen kaupunki ja sen geometrisen keskipisteeksi Tampereen keskustori. Kuvassa 23 on kuvien 21 ja 22 samasta perspektiivistä, mutta eri ajoilta olevat näkymät asetettu mallin kaavakuvaan – saman kiintokoordinaatiston eri aikakerroksiksi. Tässä kaavakuvassa (kuva 23) subjekti katselee tarkkailupisteistä A ja B ”syvyys-akselilla” Tampereen Keskustoria – kuvakulma on siis valittu suoraan kohteen yläpuolelta. ”Nykyhetkessä” tämän päivän mallinnos ja 0-aikakerroksessa on nähtävillä vuoden 1787 karttataso. Jos karttoja lisättäisiin malliin vielä aikaisemmalta ajankohdalta, niin pitäisi vanhin sijoittaa uudeksi 0- aikakerrokseksi ja muuttaa vuoden 1787 kartan aikakerros 1. aikakerrokseksi.

Google Earthin päälle liitettävät historialliset karttatasot mahdollistavat valikoitujen kohteiden tarkastelun historiallisessa aikajatkumossa.

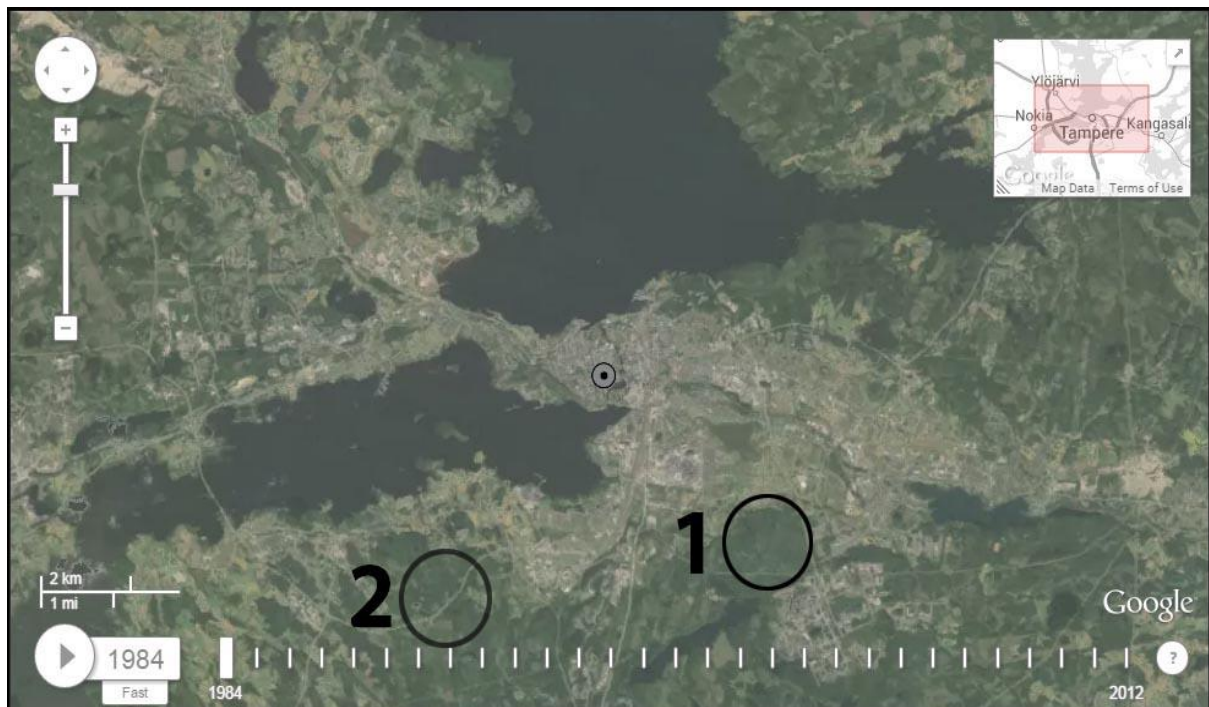
### 4.1.3 Google Earth Engine - intervallikuvaesitys

Google Earth Engine on Googlen ja sen partnerien kehittämä palvelu, johon on taltioitu satelliitti- ja karttakuvia 40-vuoden ajalta. Keskeisin osa sen aineistosta on NASA:n vuonna 1972 aloittaneen Landsat-satelliittiohjelman satelliittien kuvaamaa. Google Earth Engine integroi yhteen useita Googlen palveluita ja tarjoaa tieteellisten yhteisöjen ja ympäristöjärjestöjen käyttöön työkaluja ja tietokantoja. Sitä on käytetty erityisesti ympäristön ja ilmastomuutosten tutkimisessa ja havainnollistamisessa. (Wikipedia 2015c.)

Google Earth Enginen visualisointi perustuu keskeisesti intervallikuvaukseen (eng. time-lapse photography). Tekniikalla otetaan yksittäisiä kuvia (hitaasti) liikkuvasta kohteesta, ja esitetään ne sitten katsojalle nopeutettuna ”elokuvana”. Tällä hetkellä (2014) Google Earth Engine sovellus pystyy näyttämään vuoden välein otettujen satelliittikuvien jatkumoa muutaman sekunnin kestäväenä elokuvana. Intervallikuvaesitystä luodessaan sovelluksen käyttäjä voi sijoittaa ja kohdistaa kameran haluamaansa kohteeseen maapallon kartalla. Nopeutetut kuvaesitykset eri aikaan otetuista satelliittikuvista visualisoi käyttäjälle esimerkiksi luonnon ja/tai ihmisen aikaansaamia muutoksia lintu- tai paremminkin avaruusperspektiivistä. Google Earth Enginellä voi havaita vuosien aikana tapahtuneita muutoksia: napajäätiköiden pientymistä, metsien vähentymistä, tieverkostojen levittäytymistä ja asutuskeskuksissa rakennuksien määrän lisääntymistä.

#### *Google earth enginen intervallikuvaesitys virtualisointimallin kautta tulkittuna*

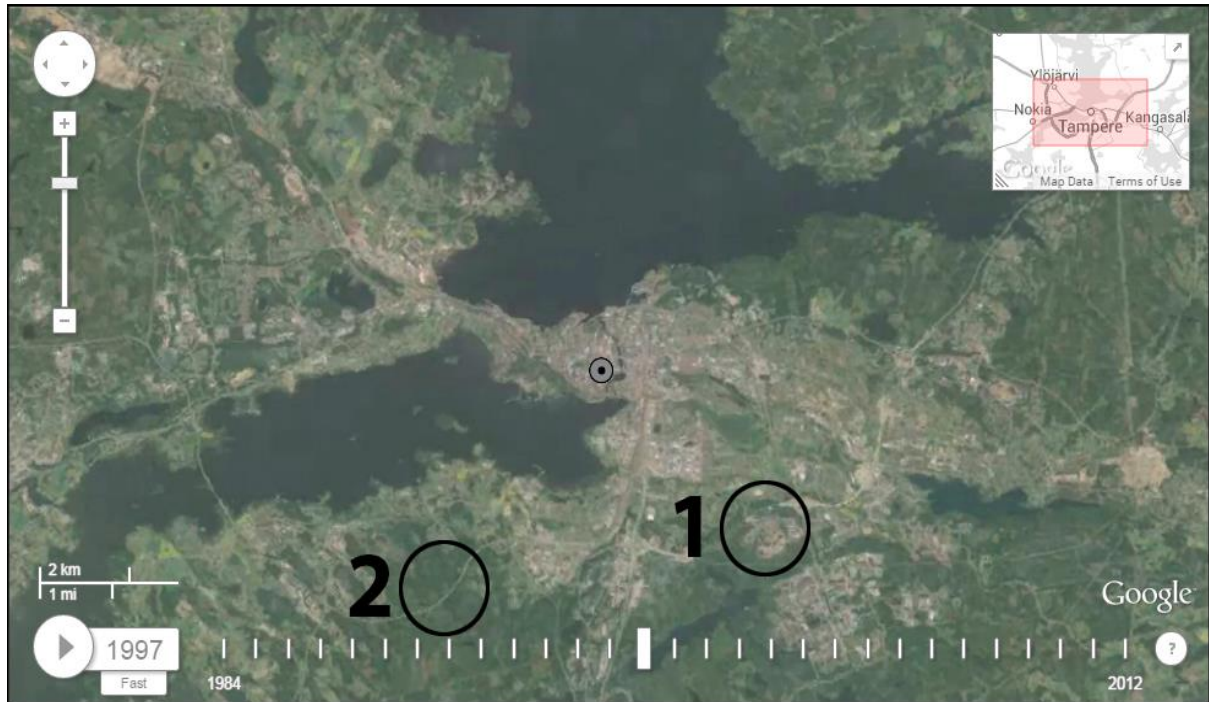
Google Earth Engine tarjoaa mahdollisuuden tarkastella maapallosta Landsat-satelliittien ottamia kuvia vuosittain vuosien 1984-2012 välisenä aikana. (Google 2014.) Sovelluksen käyttäjä voi navigoida intervallikuvaesityksessä eri puolille maapalloa, rajata näkökulmaa haluamaansa kohteeseen ja vaihtaa tarkasteltavaa ajanjaksoa vuoden mittaisin askelin tai katsoa kuvien sarjan nopeutettuna elokuvana. Katselukulma on kohtisuoraa maapallon tai satelliittikuvan pintaa (”syvyys-akselilla”), maapallon ytimen toimiessa oletusarvoisesti geometrisena keskipisteenä. Seuraavassa, kuvien 24, 25 ja 26 sarjassa tarkkailtavaksi kohteeksi on valittu Tampere ja sen geometriseksi keskipisteeksi rakennusten ympäröimä Tampereen Keskustori. Sekundaarisiksi objekteiksi on valittu kaksi aluetta, joiden rakentamisen edistymistä eri vuosina seurataan.



Kuva 24. Tampere ja lähikunnat vuonna 1984. Google Earth Enginen intervalliesityksestä Landsat-satelliittien ottamista kuvista 1984-2012 välisenä aikana (Google 2014).

Kuvassa 24 on satelliittikuva vuoden 1984 aikakerrokselta. Tämä kuva on tarkkailun lähtötila kolmen kuvan sarjassa. Ympyröinnit (1) ja (2) edustavat sekundaarisia objekteja. Niiden muutoksia tarkkaillaan aikajaksojen välillä. Vuoden 1984 satelliittikuvassa ympyrällä merkityssä kohdassa (1) näkyy metsää ja kohdassa (2) metsää jonka läpi kulkee tie. Tässä lähtötilassa voidaan katsoa molempien sekundaaristen objektien olevan tyhjiä, koska niiden tarkkailtavaksi arvoksi on otettu rakennukset.





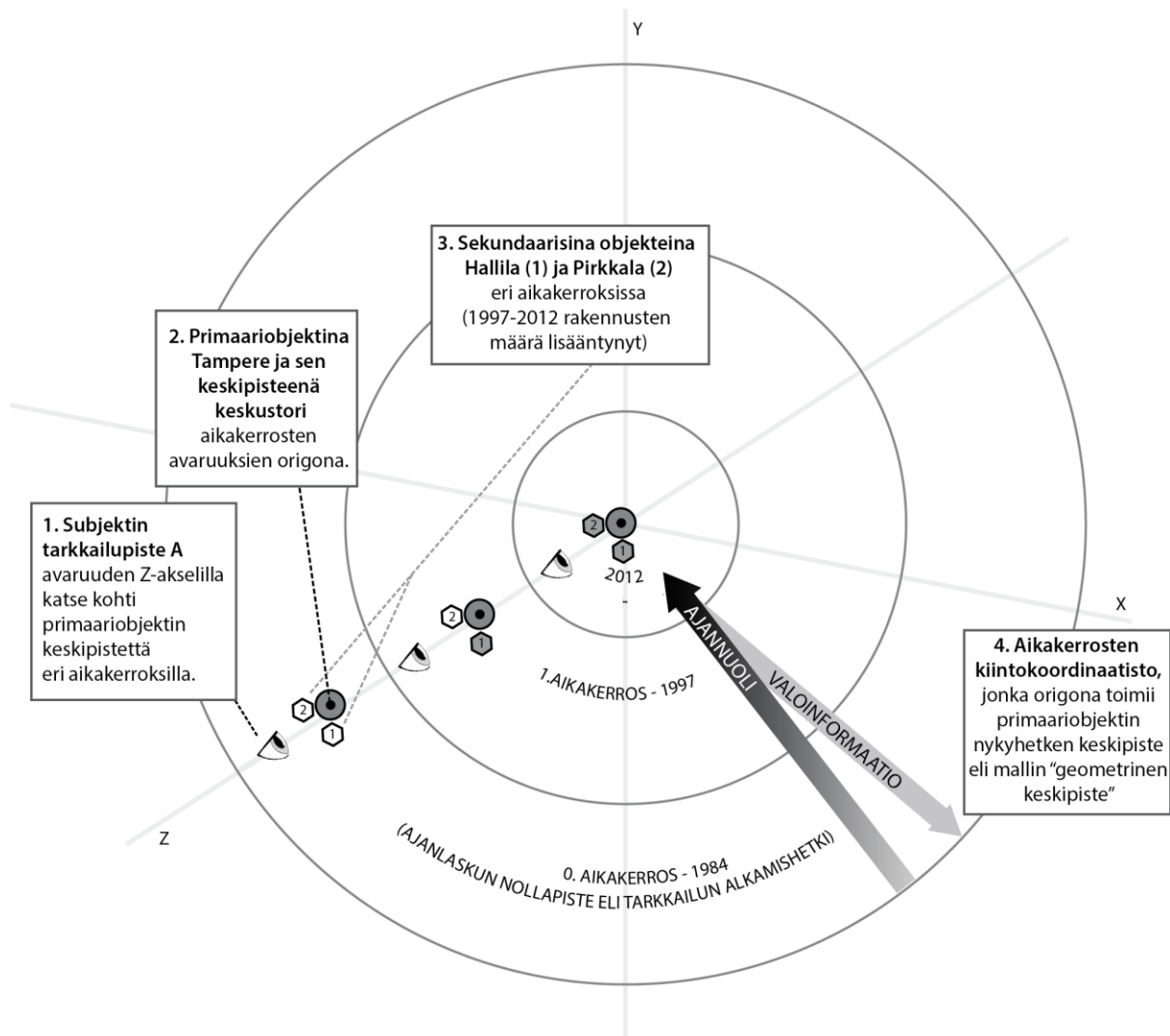
Kuva 25. Tampere ja lähikunnat vuonna 1997. Kuvakaappaus Google Earth Enginen intervalliesityksestä Landsat-satelliittien ottamista kuvista 1984-2012 välisenä aikana (Google 2014).

Kuvassa 25 näkyy vuoden 1997 aikakerros. Kuvassa voidaan havaita aikaisempaan kuvaan verraten uutta kaupunkirakentamista ympyröidyssä kohdassa (1). Paikalle on rakennettu 1990-luvulla noin 2500 asukkaan Hallilan kaupunginosa. Tampereen kaupungin rakennusten määrä on näin ollen lisääntynyt verraten vuoteen 1984. Ympyröidyssä kohdassa (2) Tampereen naapurikunnassa Pirkkalassa näkyy edelleen metsää halkova tie. Tässä toisessa aikakerroksessa sekundaarisen objektin (1) tilan muutos huomioidaan ja sekundaarisen objektin (2) tila säilyy ”tyhjänä”.



Kuva 26. Tampere ja lähikunnat vuonna 2012. Kuvakaappaus Google Earth Enginen intervalliesityksestä Landsat-satelliittien ottamista kuvista 1984-2012 välisenä aikana. (Google 2014).

Kuvan 26 satelliittikuvasta vuodelta 2012 voidaan havaita Tampereen ja sen lähikunnan Pirkkalan keskustan kehittyneen ja kasvaneen ympyröidyissä kohdassa (2) verraten kuvaan vuodelta 1984 tai 1997. Pirkkalan kunta on kasvanut, sen keskustaan on rakennettu merkittävästi uusia rakennuksia. Pirkkala on nyt sekundaarisena objektina, jonka rakentamisen tiheys on nyt muuttunut suhteessa Tampereeseen ja lähtötilanteeseen, niinpä tässä kuvasarjan viimeisessä aikakerroksessa molemmat sekundaariset objektit ovat saaneet huomioitavan arvon.



Kuva 27. Google Earth Enginen intervallikuvaesitys virtualisointimallin kaavakuvaan. Esimerkkiin valittu kolme aikakerrosta: 1984, 1997 ja 2012. Kuvan sekundaaristen objektien kehitys kertoo rakentamisen kehityksestä.

Kuvassa 27 on asetettu edellisen kolmen kuvan intervallikuvaesitys mallin kaavakuvaan. Mallin sekundaaristen objektien muuttuvina arvoina on huomioitu rakennusten määrä, joka on kaavakuvaan merkitty sekundaarisen objektin tummempana värinä. Valittu vuosiluku tarkoittaa (valo)informaation etäisyyttä nykyhetkestä. Kun käyttäjä valitsee Google Earth Engine-sovelluksessa vuosiluvun, niin hän valitsee aikakerroksen, jota hän tarkastelee.

Virtuaalisen koneen potentiaalisena toimintona käyttäjä voisi liukua aikajatkumossa haluamallaan tavalla ja nähdä aikakerrosten muutokset elokuvana. Käsitelty esimerkki soveltuu ainakin viitteellisesti kuvaamaan sekundaariobjektin kehitystä ja suhdetta primaariobjektin koordinaatistossa.



## 4.2 Virtualisointimallin sovellettavuus

Malli on luonteeltaan virtuaalinen ja sen puitteissa voi tiettyjen ehtojen mukaan tallentaa aineistoja, joissa on aika-paikkatiedot olemassa. Testaamani GPS-paikannus-, Google Earth- ja Google Earth Engine- sovellukset ovat suhteutettavissa ja selitettävissä mallin avulla. Testaamani esimerkkisovellukset pyrkivät kukin omalla tavallaan simuloimaan luontoa ja liikettä siellä. Luonnon ilmiöiden ja tapahtumien vaatimaa hienojakoisuutta voi mallintaa karkealla tasolla, mutta niitä on mahdotonta simuloida täydellisesti. Konseptuaalisesti virtualisointimallin kolmiulotteisuus ja valontiheyteen perustuva ajan mallinnus luo kuitenkin edellytykset luonnon simuloimiselle käytettävissä olevien resurssien mukaan. Mallin rakenne antaa mahdollisuuden täydentää informaation tiheyttä myös myöhemmin. Testatut sovellukset eivät vaatineet mallilta älykästä keskustelemaa oliomaisuutta, mutta malli voisi antaa niin kerätyn informaation järjestelyyn etua.

Mallin kolmiulotteisessa avaruudessa voidaan liikkua (tallennetun aineiston rajoissa) esteettömästi ilman rajoitteita. Kuitenkin muistaen, että kun mallissa primaariobjekti vaihdetaan toiseen, niin kiintokoordinaatisto vaihtuu ja sen mukaan vaihtuu myös avaruudellisten osoitteiden vertaantumissuunta. Mallin aikakäsitys perustuu valoinformaation etenemisen tuomiin ajallis-tilallisiin etäisyyksiin, ja näin se tarjoaa mahdollisuuden ajalliseen navigointiin malliin sisällytetyn aineiston ehdoilla. Mallin aikakäsitys ja vertailusuhteet jasentyvät siis sen keskiöön valitun primaariobjektin ympärille, joka tarkoittaa sitä minkä mukaan aikaa lasketaan ja mitä maailmasta ensisijaisesti havaitaan.

Yksinkertaisimmillaan tutkimuksessa kehitettyä virtualisointimallia pystyy soveltamaan, kun tarkkailupisteen lisäksi tiedetään yksi objekti (piste) ja kaksi sen ajallista ilmentymää. Käsiteltyjen esimerkkisovellusten pohjalta voi todeta, että kolmiulotteinen malli on havainnollistettavissa myös kaksiulotteisesti – asettamalla tarkkailupiste syvyysakselille, kohti kaksiulotteista xy-koordinaatistoa. Mallin soveltamismahdollisuuksia ei tarvitse rajata ainoastaan niin kutsuttuihin nykyaikaisiin digitaalisiin aineistoihin, vaan sitä voisi hyödyntää myös esimerkiksi historian kirjoitusten (reittikuvausten) pohjalta. Mallin avulla voisi olla mahdollista jopa laskennallisesti täydentää kohtia, joista ei ole saatavilla tarkempaa tietoa – historiallisia kuljettuja reittejä voitaisiin ehkä päätellä todennäköisyyslaskelmiin perustuen.

Joihinkin sovelluksiin mallin rakenteen käyttö sopii varmasti paremmin, mutta toisiin sen sovittaminen voi tuntua kulmikkaalta (ainakin kaksiulotteisessa mediassa). Ainakin teoriassa virtuaalimalli toimii systemaattisena runkorakenteena eri formaattien yhdistämiselle.

## 5 Johtopäätökset

### 5.1 Koneen rautalankamallin tarkastelu

Virtuaalisen ajanlaskukoneiston mallissa teoretisoidaan mahdollisuudella luoda systemaattinen rakenne luonnonilmiöiden ajallisaikallisesti suhteutettuun mallintamiseen. Ajannuoli kulkee mallissa suoraan – kohti keskustaa ja tulevaisuutta. Pyrkimyksenä on ollut laatia geometrinen informaation kehysrakenne, jonka piiriin pystyttäisiin teoriassa rekisteröimään kaikki tunnetut luonnonilmiöt. Virtualisointimalli pyrkii tarjoamaan konseptuaalisen tavan ilmiöiden dokumentoimiseen ja kuvaamiseen kolmiulotteisessa koordinaatistossa ja ajallisissa kerroksissa - teoriassa jopa luonnollisella (1:1) tarkkuudella. Mallin antamaan rakenteeseen voidaan yhdistää erilaisista formaateista ja lähteistä saatua informaatiota luonnollisessa (geometrisessa) suhteessa toisiinsa. Malli tarjoaa viitekehyksen erilaisten ajallis-paikallisten lähteiden yhdistelemiselle, niihin liittyvien sovellusten kehittämiseksi ja yleisesti vaihtoehtoisen näkökulman ilmiöiden tarkasteluun ja vertailuun.

Virtuaalimallin maksimaaliseksi tallennustiheydeksi on valittu tunnettu nopeuden maksimi eli valonnopeus. Tämä informaation tiheys on teknologisesti käytännössä mahdotonta saavuttaa, mutta teoreettisessa mallissa se palvelee tarkoitustaan ja edustaa ilmiöiden havaitsemistiheyden maksimia. Valo antaa myös virtuaalimallille sen rakenteellisen muotonsa. Informaatiota tallennetaan luonnollisestikin valon nopeutta pienemmällä tiheydellä - mallia soveltaessa tarpeiden, teknisten valmiuksien ja käytetyn aineiston mukaisella tarkkuudella.

Ajanlaskukoneiston mallissa hyväksytään tiedon saannin suhteellisuus ja siinä korostuu ”läpinäkyvästi” näkökulman valinta suhteessa tarkasteltavaan ilmiöön. Subjekti määrittää primaariobjektin ja sen geometrisen keskipisteen. Mallissa kaikki ympäröivä todellisuus suhteutuu subjektin valitsemaan primaariobjektiin. Tarkastelun keskiöön valitun objektin geometrinen keskipiste muodostaa kiintokoordinaatiston, johon mallin aikakerrokset jäsentyvät aikajatkumoksi.

Valittu primaariobjekti muodostaa mallin keskiössä aikajatkumollisen vertailukohdan kaikelle sitä ympäröivälle tilalle. Sekundaaristen objektien liikkuminen tai liikkumattomuus määrittää primaariobjektin tulkintaa. Sekundaariset kappaleet ”piirtävät” aikakerroksiin intervallimuutoksia primaariobjektin koordinaatiston suhteen sitä mukaa, kun informaatiota on saatavilla ja sen tallentaminen on mahdollista. Primaariobjektia ja sen ”liikkumattomuutta” tutkitaan siis suhteessa sekundaaristen objektien liikkeiden kanssa. Vaikka objektin voitaisiin ”reaalimaailmassa” nähdä liikkuvan (esimerkiksi ilmaan ammuttu nuoli), niin malliin

primaariobjektiksi asetettuna se pysyy paikallaan, ja liike tulkitaan tapahtuvan sen ympäristössä. Mallilla voidaan teoriassa systemaattisesti rajata mikä tahansa objekti ja sen ympäristössä tapahtuvat muutokset. Sen lähtökohtainen suhteellisuus voisi tarjota vaihtoehtoisen näkökulman myös tuttujen ilmiöiden tulkinnassa ja antaa mahdollisuuden nähdä vaihtoehtoisia reittejä.

Subjektin valitsema tarkkailupiste kolmiulotteisessa avaruudessa ja sen aikakerroksissa (kiintokoordinaatistossa) vaikuttaa siihen, mitä objekteista nähdään ja mitä informaatiota subjekti voi rekisteröidä. Samasta primaariobjektistakin voidaan saada hyvin erilaista tietoa eri näkökulmasta riippuen. Subjekti kohdistaa sektorinsa mukaisesti katseensa oletusarvoisesti primaariobjektin keskipisteeseen, niin nykyhetkessä kuin eri aikakerroksilla – saadessaan myös itse osoitteen aina tämän kiintokoordinaatistossa. Objekteja voidaan siis kerätyn aineiston puitteissa tarkkailla mistä näkökulmasta tahansa, niin tilallisesti kuin ajallisesti.

Subjekti voi vaihtaa myös tarkastelemaansa primaarikohdetta, jolloin mallin kiintokoordinaatisto vaihtuu valitun uuden geometrisen keskipisteen mukaiseksi. Aikaisempi primaariobjekti (ja sen aikakerroksille tallennettu informaatio) limittyy nyt uuden kiintokoordinaatiston osoitteena. Tarkastelun primaarikohdetta vaihtamalla mallissa esiintyvät objektit näyttävät erilaisilta uuden primaariobjektin kontekstissa. Jokainen objekti voi siis muodostaa oman asiakokonaisuutensa, jonka mukaan informaatiota tallentuu oliomaisesti. Keskitetyssä mallissa voidaan puhua objekti- tai oliokohtaisesta asioiden kokemisesta.

Objektin ja sen ympäristön systemaattinen havainnointi ja dokumentointi voi mahdollisesti auttaa ymmärtämään vastakkaisia perspektiivejä paremmin. Ajanlaskukoneiston malli tarjoaa informaation taltiointiin kehyksen, jossa ajallista tietoa voidaan kerätä ilmiöstä monen eri objektin ja niiden eri ajankohdilta peräisin olevien tarkkailupisteiden kautta – ja jopa laskennallisen keskiarvon mukaan täydentäen kokonaiskuva.

Mallissa tarkastellut tapahtumat ”piirtävät” jälkensä liikkeenä aikajatkumoon. Näin syntyneitä kuvioita voitaisiin teoriassa hyödyntää samankaltaisuuksien ja erilaisuuksien löytämiseksi historian toisilla kerroksilla. Kuvioiden tarkkuus riippuu aineiston informaation tiheydestä eri paikoissa ja mikäli havaitsisimme aikajatkumoihin piirtyneissä kuvioissa säännönmukaisuuksia, niin voisimme koittaa tehdä niistä tulkintoja, jotka voisivat auttaa tapahtumien ymmärtämisessä. Voidaan ajatella, että jos jostain objektista saadaan informaatiota mahdollisimman paljon eri puolilta, niin voimme alkaa ymmärtämään ja vähitellen jopa ennakoimaan kyseisen objektin liikkeitä.

## 5.2 Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto ja sosiaaliset ilmiöt

Analyysini ajankuvauksen virtuaalisesta koneistosta on keskittynyt kuvaamaan lähinnä fyysisiä peruskappaleita ja niiden liikettä. Karkeasti ajatellen ajankuvauksen virtuaalisessa koneistossa on siis kyse rakenteesta, johon on mahdollista mallintaa geometrisiä kappaleita ajallis-paikallisessa suhteessa toisiinsa.

Mallin avulla voidaan kuitenkin mahdollisesti etsiä myös vaihtoehtoisia tapoja selittää tai ymmärtää asioita sosiaalis-kulttuuristen ilmiöiden aikajatkumona. Esimerkiksi historian kirjoituksista voisi mallin avulla etsiä reittejä tai näkökulmia tapahtumien kulussa – mikä tekninen keksintö on mahdollistanut toisen. Historiallista informaatiota kertyy erilaisista asioista eri tarkkuudella, sen mukaan, kuka, kuinka ja mistä näkökulmasta niitä halutaan ja pystytään dokumentoimaan ja tulkitsemaan. Maailmamme ja ajanlaskumme näyttää esimerkiksi erilaiselta riippuen siitä, kenen kontekstin ja/tai etujen mukaan asioita koemme. Virtualisointimalli voisi tarjota systemaattisen tavan historiallisen tiedon tallentamiseen, indeksointiin ja ehkä jopa laajempaan kokonaistulkintaan.

Mallin mukaisesti paitsi tarkastelevan primaarikohteen niin myös tarkastelupisteen ja sekundaariobjektien valinta vaikuttaa merkittävästi tiedon sisältöön, tallentamiseen ja mahdolliseen tulkintaan. Esimerkiksi vuonna 2014 eri maat ovat antaneet Krimin kriisistä ja sen jälkitilanteista retoriset sävytään hyvin erilaisia lausuntoja. Euroopan unioni, Ukraina, USA, Venäjä ja Kiina ovat lähestyneet kriisiä lausunnoissaan kukin omasta näkökulmastaan, kontekstistaan - omien intressiensä kautta. Mallin avulla voisi olla mahdollista havainnollistaa, mistä erilaiset poliittiset näkemykset varsinaisesti johtuvat.

Tarkastelukohteen valinnan merkityksellisyyttä voisi tarkastella biografioiden kautta. Esimerkiksi voidaan tarkastella biografiaa, jonka keskiöön on valittu henkilö A. Hänen henkilöhistoriassa mainitut muut henkilöt määrittyvät suhteensa kautta Henkilö A:han, joka edustaa primaariobjektia. He voivat olla merkityksellisiä tai vähemmän merkityksellisiä suhteessaan tarkastelun keskiössä olevan henkilön suhteen (ja siihen mitä seikkoja henkilö A:sta halutaan painottaa). Jos biografiassa mainitusta sekundaarisesta henkilöstä B olisi kirjoitettu oma biografia, voisimme vaihtaa mallin mukaisesti primaariobjektia. Näin voisimme nähdä henkilön A ja B toistensa kontekstista käsin (toistensa rajapintoina), tai pyrkiä

tekemään näistä näkemyksistä jopa yhteisiä johtopäätöksiä, esimerkiksi osana jotain laajempaa kontekstia<sup>7</sup>.

Tarkkaileva subjekti (tarkastelupisteen avaruudellinen ja kulttuurillis-ajallinen sijainti) vaikuttaa hyvin ilmeisesti siihen, miten sosiaalisesti virittyneet tapahtumat dokumentoidaan ja tulkitaan. Vaikka kehittäisimme kuinka tiiviin, kattavan ja objektiivisuuteen pyrkivän rakennejärjestelmän, niin historiallisten tapahtumien tulkinta on kuitenkin aina jossain määrin subjektiivista ja aikaan sidottua. Tiedon päivittäjällä ja tarkkailijalla, eli ihmisellä on aina myös oma sisäinen historiansa, tarpeensa, tulkintansa ja ratkaisumallinsa. Esimerkiksi historian kirjoitukset on monesti kirjoitettu niin sanotusta ”voittajan perspektiivistä”, jolloin sodassa enemmän tappioita kärsineen osapuolen näkemykset voivat jäädä pimentoon, ja/tai niistä voidaan kertoa vähätellen. Sotatilanteessa voidaan myös voimakkaasti kontrolloida informaatioaineiston syntyä, sekä rajoittaa ihmisten pääsyä vaihtoehtoihin aineistoihin. Historiaa myös kirjoitetaan aina eri ajassa ja paikassa uudelleen. Esimerkiksi Kansalaissodan aikaisia tapahtumia tulkitaan nykyhetkessä erilailla kuin sodan aikana tai heti sen jälkeen. Subjektin oma ajallis-paikallinen sijainti määrittää merkittävästi eri tilanteista tehtyä informaation keräämistä ja tulkintaa, mutta mikäli voisimme rakenteen omaisesti todeta tämän vaikuttavan tekijän, niin voisimme mahdollisesti päästä kohti objektiivisempaa ymmärrystä.

Mallin avulla on teoriassa mahdollista virtualisoida informaation katvealueita. Historiallinen aikajatkumon tarvisi rajoittua vain alueille, joista löytyy tietoa, vaan voisimme mallin kautta havaita puutteita ja suhteuttaa niitä aikajatkumoon osaksi kokonaisuutta.

Tässä työssä esitelty teoreettinen malli ei tarjoa sinänsä mitään uutta historian tutkimuksen problematiikkaan. Yhtenäinen malli voisi kuitenkin tuoda historiallisen tiedon tuottamiseen ja tulkintaan vaikuttavat osatekijät rakenteellisesti ja oletusarvoisesti esille – kuka informaation on tallentanut, ketä varten, millä tiedoilla varustettuna, ja missä ajassa ja paikassa tallennetun informaation tulkinta tehdään. Kontekstuaalisen kehyksen tekeminen näkyväksi voisi lisätä tiedon käyttöarvoa ja ymmärrettävyyttä – ehkä auttaa meitä paremmin ymmärtämään toisiamme.

---

<sup>7</sup> Berliinin valtionkirjaston koordinoima Kalliope-kokoelmätietokanta yhdistää eri kokoelmista haettavaksi kokonaisuudeksi historiallisten henkilöiden omakohtaisia käsikirjoituksia ja kirjeenvaihtoa. Käsikirjoitettuja kirjeitä on indeksoitu siten, että tutkija voi hakea niistä mainintoja jostain yksittäisestä henkilöstä tai ilmiöstä. Näin voidaan nähdä, mitä eri henkilöt ovat kirjoittaneet tarkasteltavasta henkilöstä tai ilmiöstä eri ajankohtina omissa kirjeissään. Kokoelman sisällön asettamissa rajoissa sovelluksessa voi siis valita sekä tarkastelun kohteen, että sitä tarkastelevan subjektin (kirjeen kirjoittaja, hänen henkilökohtainen näkemyksensä tarkastelun kohteesta) - ja liikkua sisällön aikakerroksissa. (Kalliope-verbund 2015.)

Ihmiset kokevat samalta vaikuttavia asioita erilailla, mutta kontekstisidonnaisuuden tiedostaminen auttaa meitä ymmärtämään erilaisia yksilöitä ja näkökulmia. Jos katsomme elämäämme osana suurempaa kokonaisuutta ja pidemmällä aikavälillä, niin voimme havaita perustarpeittemme säilyvän hyvin samanlaisina riippumatta siitä, kenestä on kyse ja missä ajassa. Kaikki tavoittelevat onnellista elämää.

Suurimmalle osalle ihmisiä on varmasti tärkeää, että tulevat sukupolvet voisivat jatkaa elämäänsä tällä planeetalla, ja pystyisimme kehittymään ihmiskuntana jatkossakin. Biodiversiteetti ja kulttuurin monimuotoisuus on opittu näkemään arvokkaana osana elämää. Paradigman muutos kulttuurisesti vääristyneestä darwinistisesta vahvimman selviytymisen näkökulmasta kohti yhteistyötä olisi elämän monimuotoisuuden (maksimaalisen informaation) säilymisen kannalta edullisinta. Siksi ehdotan, että siirrämme Maapallon yhteiseksi primaariobjektiksemme ja kehitämme kollektiivisesti yhteistä perimäämme tasapainossa muun luonnon kanssa – läpi aikojen.

## 6 Lähteet

Aigner, W., Schumann, H., Miksch, S., Tominski, C. 2011. Visualization of Time-Oriented Data. London, Dordrecht, Heidelberg, New York: Springer.

Asimov, I. 1951-1953. Foundation Trilogy. CA: Gnome Press.

Banks, J., Carson, J., Nelson, B., Nicol, D. 2001. Discrete-Event System Simulation. New Jersey: Prentice Hall.

Cleveland, W.S. 1993. Visualizing Data. Summit, New Jersey: Hobart Press.

Einstein, A. 1905. The Special & The General Theory. A Popular Extension. 3. painos, London: Methuen & Co.

Ferraro, R. 2007. Einstein's Space-Time: An Introduction to Special and General Relativity. New York: Springer.

Google. 2014. Google Earth Engine. [<https://earthengine.google.org/#intro>], viitattu 14.8.2014.

Google. 2015. Google Earth. [<https://www.google.com/earth/>], viitattu 20.1.2015.

Hajnicz, E. 1996. Time Structures: Formal Description and Algorithmic Representation, volume 1047 of Lecture Notes in Computer Science. Berlin: Springer.

Hawking, S. 1988. Ajan lyhyt historia. Helsinki: WSOY.

Kalliope-verbund. 2015. Berliinin valtionkirjasto ja Preussilainen kulttuuriperintösäätiö koodinoima Kalliope-projekti. [<http://kalliope-verbund.info/en/index.html>], viitattu 30.4.2015.

Kraak, M-J. 2014. 3D-cube graphic. [<http://www.datavis.ca/gallery/minard/t-3D-napoleon-final.jpg>], viitattu 1.9.2014.

Kindersley, D. 1998. Ultimate Visual Dictionary of Science. London: Dorling Kindersley.

Lenz, H. 2005. Universalgeschichte der Zeit. Wiesbaden: Marixverlag.

Maanmittauslaitos, 2014. Mikä on kartta? Mittakaava, mittakaavajana ja koordinaatisto. [<http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/kartoitus/mika-kartta>], viitattu 8.8.2014.

McMullen, C. 2008. The Visual Guide to extra Dimensions: Volume 1: Visualizing the Fourth Dimension, Higher-Dimensional Polytopes, and Curved Hypersurfaces. Custom Books.

Munroe, R. 2012. xkcd – A Webcomic of Romance, Sarcasm, Math, and Language. Webcomic of Romance. [<http://xkcd.com/338/>], viitattu 25.8.2012.

- Nave, R. 2014. Physical Keys to Cosmology HyperPhysics. [<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/astro/cosmo.html>], viitattu 3.7.2014.
- Rumsey, D. 2015. Map Collection. Cartography Associates. [<http://www.davidrumsey.com/view/google-earth-browser#europe-1787>], viitattu 20.1.2015.
- Science & Technology News. 2013. [<http://scitechdaily.com/mit-study-measures-the-effects-of-low-doses-of-radiation-on-dna/>], viitattu 12.5.2013.
- Siirtola, H. 2007. Interactive Visualization of Multidimensional Data. Dissertations in Interactive Technology, Number 7. Tampere: Tampere University Press.
- Sokolowski, J.A., Banks, C.M. 2009. Principles of Modeling and Simulation. New Jersey: Wiley.
- The Maths Orchard, 2014. How something appears is always a matter of perspective. [<http://mathsorchar.d.weebly.com/up-oads/2/7/3/1/27311819/7447990.jpg>], viitattu 20.9.2014.
- Tufte, E. R. 1983. The Visual Display of Quantitative Information. Cheshire: Graphics Press.
- Whitrow, G. J., Fraser, J. T., Soulsby, M. P. 2003. What is Time? The Classic Account of the Nature of Time. New York: Oxford University Press.
- Wikimedia Commons. 2014. [<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Minard.png>], viitattu 14.9.2014.
- Wikipedia. 2012. Google Earth. [[http://fi.wikipedia.org/wiki/Google\\_Earth](http://fi.wikipedia.org/wiki/Google_Earth)], viitattu 15.12.2012.
- Wikipedia. 2013a. Valovuosi. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Valovuosi>], viitattu 15.6.2013.
- Wikipedia. 2013b. Geometria. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Geometria>], viitattu 15.8.2013.
- Wikipedia. 2013c. Intervalli. [[http://fi.wikipedia.org/wiki/Intervalli\\_\(fysiikka\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Intervalli_(fysiikka))], viitattu 15.8.2013.
- Wikipedia. 2013d. GPS. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/GPS>], viitattu 15.8.2013.
- Wikipedia. 2014a. Koordinaatisto. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Koordinaatisto>], viitattu 18.9.2014.
- Wikipedia. 2014b. Kartta. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kartta>], viitattu 21.9.2014.
- Wikipedia. 2014c. Simulointi. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Simulointi>], viitattu 18.9.2014.
- Wikipedia. 2014d. 3D-Grafiikka. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/3D-grafiikka>], viitattu 13.7.2014.
- Wikipedia. 2014e. Aika-Avaruus. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Aika-avaruus>], viitattu 30.8.2014.



Wikipedia. 2014f. Subjekti. [[http://fi.wikipedia.org/wiki/Subjekti\\_\(filosofia\)](http://fi.wikipedia.org/wiki/Subjekti_(filosofia))], viitattu 15.6.2014.

Wikipedia. 2014g. Aurinkokeskeinen maailmankuva. [[http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokeskinen\\_maailmankuva](http://fi.wikipedia.org/wiki/Aurinkokeskinen_maailmankuva)], viitattu 18.11.2014.

Wikipedia. 2014h. Absoluuttinen aika ja avaruus. [[http://fi.wikipedia.org/wiki/Absoluuttinen\\_aika\\_ja\\_avaruus](http://fi.wikipedia.org/wiki/Absoluuttinen_aika_ja_avaruus)], viitattu 18.11.2014.

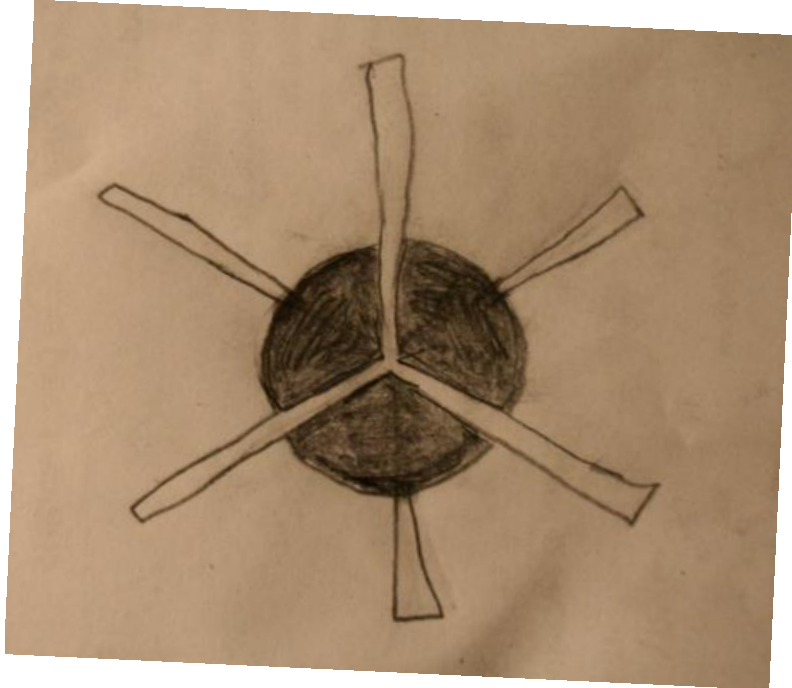
Wikipedia. 2015a. Augustinus. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Augustinus>], viitattu 20.4.2015.

Wikipedia. 2015b. Välysvastus. [[http://en.wikipedia.org/wiki/Flicker\\_fusion\\_threshold](http://en.wikipedia.org/wiki/Flicker_fusion_threshold)], viitattu 30.4.2015.

Wikipedia. 2015c. Google Earth Engine. [[http://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_Earth\\_Engine](http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth_Engine)], viitattu 20.1.2015.

Wikipedia. 2015d. Avaruusgeometria. [<http://fi.wikipedia.org/wiki/Avaruusgeometria>], viitattu 30.4.2015.

## Liite



Kuva 28. Luonnos: "Ajankuvauksen virtuaalinen koneisto".